

UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA

CENTRO DAS CIÊNCIAS EXATAS E DAS TECNOLOGIAS

CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

MARCIO PINTO DE SALES

**PROPOSTA E CONSTRUÇÃO DE RECURSOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE
CONCEITOS DE ÓPTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO

**BARREIRAS
2019**

MARCIO PINTO DE SALES

**PROPOSTA E CONSTRUÇÃO DE RECURSOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE
CONCEITOS DE ÓPTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Universidade Federal do Oeste da Bahia – UFOB, Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias, como requisito parcial para a obtenção do título de **Licenciado em Física**.

Orientador: Prof. Msc. Lucas Guimarães Barros.

BARREIRAS
2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CCET - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias - Campus Reitor Edgard Santos
Ata de Monografia de Conclusão de Curso – 13 / 02 / 2019

1 Aos 13 (treze) dias do mês de fevereiro de 2018 (dois mil e dezoito), na Rua Bertioga,
2 892 – Morada Nobre I – Campus Reitor Edgard Santos, na sala de videoconferência da
3 Biblioteca Universitária, às 15 (quinze) horas, teve início a defesa pública de
4 Monografia de Conclusão de Curso do discente **Marcio Pinto de Sales** (matrícula
5 número 213100359), intitulada: *Proposta e Construção de Recursos Didáticos para o*
6 *Ensino de Conceitos de Óptica*, tendo como banca examinadora o Prof. M.Sc Lucas
7 Guimarães Barros (Orientador, presidente da banca), Profª. M.Sc. Suiane Ewerling da
8 Rosa (CCET/UFOB) e Profª. M.Sc Tamila Marques Silveira (CCET – UFOB). A
9 presente sessão contou também com a presença do Coordenador do Curso de
10 Licenciatura em Física, professor Dr. Edward Ferraz de Almeida Júnior, que fez a
11 abertura da sessão de defesa pública. A atividade é critério para integralização curricular
12 e obtenção do título de Licenciado em Física pela Universidade Federal do Oeste da
13 Bahia – UFOB. Ao término da apresentação, abriu-se seção de arguição pela banca
14 estendendo-se aos demais presentes. Em seguida, a banca examinadora reuniu-se em
15 caráter privado para avaliação e emissão de parecer. Dando continuidade ao processo, o
16 presidente da banca leu o parecer em público, onde a banca declara a **aprovação** do
17 trabalho, tendo a validade desta condicionada à entrega da versão final corrigida diante
18 das sugestões e recomendações da banca examinadora, no prazo máximo de 30 (trinta)
19 dias contados a partir da presente data. A Monografia do discente recebeu nota **7,0**
20 (**sete**). Não havendo mais nada a tratar, a reunião foi encerrada às 17 (dezesete) horas.
21 Eu, professor Lucas Guimarães Barros, lavrei a presente ata, que depois de lida e
22 aprovada, será assinada pelos presentes membros da banca examinadora. Barreiras, 13
23 de fevereiro de 2019.

Tamila Marques Silveira
Edward Ferraz de Almeida
Suiane Ewerling da Rosa
Lucas Guimarães Barros
Marcio Pinto de Sales
Tamila Marques Silveira
Gabriel Pinto de Sales
Edward Ferraz de Almeida

Jan de Souza Dourado

Alcyone Rodrigo O. Evangelista

Cesar Rodrigues de Souza 

Emanuel S. Santana

Bruna de S. Fernandes

Tomisson Nunes de Silve

Marcio Pinto de Sales



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA**

CCET - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias - Campus Reitor Edgard Santos

ERRATA

Em relação à Ata de Defesa de Monografia de Conclusão de Curso do discente Márcio Pinto de Sales, ocorrida aos 13 (treze) dias do mês de fevereiro de 2019 (dois mil e dezenove), às 15 (quinze) horas, acrescenta-se a seguinte correção:

Na linha 1 (um), onde se lê:

“Aos 13 (treze) dias do mês de fevereiro de 2018 (dois mil e dezoito), ...”

Leia-se:

“Aos 13 (treze) dias do mês de fevereiro de 2019 (dois mil e dezenove), ...”

Esta alteração entra em vigor a partir da presente data.

Barreiras, 14 de fevereiro de 2019.

Prof. Lucas Guimarães Barros
Presidente da banca examinadora

FICHA CATALOGRÁFICA

S163 Sales, Marcio Pinto de.

Proposta e construção de recursos didáticos para o ensino de conceitos de óptica. / Marcio Pinto de Sales. – 2019.
71f.:il.

Orientador: Prof. MSc. Lucas Guimarães Barros

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias, Barreiras, BA, 2019.

1. Física – Estudo e Ensino. I. Barros, Lucas Guimarães. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia – Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título

CDD 530.07

Biblioteca Universitária de Barreiras

Dedico este trabalho à minha família, especialmente minha mãe, aos meus amigos e todos aqueles que sempre me apoiaram nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Ao meu orientador Prof. Msc. Lucas Guimarães Barros, por ter aceitado me orientar na elaboração deste trabalho.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, que sempre me apoiou em todos os momentos. Pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Agradeço também aos professores da banca, Tamila Marques Silveira e Suiane Ewerling da Rosa, pelas contribuições para a finalização deste trabalho.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

A imaginação é mais importante que o conhecimento (Albert Einstein, 1931).

RESUMO

SALES, M. P. **Proposta e construção de recursos didáticos para o ensino de conceitos de Óptica.** 2019. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Licenciatura em Física. Universidade Federal do Oeste da Bahia. Barreiras, 2019.

Realizou-se uma abordagem sobre problemáticas comuns na prática do professor de Física na educação básica, e como que recursos didáticos podem auxiliar o professor ao contornar tais problemáticas. Para isso, foi feita uma discussão acerca das possibilidades de articulação do ensino de Física com a Literatura e com as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), focando-se especificamente na elaboração de poemas e construção de simulações computacionais, em que foram discutidas possibilidades de utilização desses nas aulas de Física.

Palavras-chave: Poesias. Simulações Computacionais. Literatura. Ensino De Física; Recursos Didáticos.

ABSTRACT

SALES, M. P. Proposal and construction of didactic resources for the teaching of Optical concepts. 2019. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Licenciatura em Física. Universidade Federal do Oeste da Bahia. Barreiras, 2019.

An approach was taken on common problems in the physics teacher's practice in basic education and how did didactic resources can help the teacher in to solve such problems. For this purpose, a discussion was made about the possibilities between the teaching of Physics with Literature and Information and Communication Technologies (ICTs), focusing specifically on the construction of poems and the computational simulations, in which possibilities were discussed of their use in physics classes.

Keywords: Poetry. Computational Simulations. Literature. Physics Teaching. Didactic Resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Newton com um prisma mostrando o espectro da luz do sol.....	32
Figura 2 – Dispersão da luz branca através de um prisma refrator.....	33
Figura 3 – Cenários do software Algodoo.....	34
Figura 4 – Ferramenta <i>Laser</i> do software Algodoo.....	35
Figura 5 – Componentes ópticos do software Algodoo.....	35
Figura 6 – Dispersão da luz	36
Figura 7 – Câmara escura.....	39
Figura 8 – Ângulo θ_1 do feixe incidente P_1 e ângulo θ'_1 do feixe refletido P'_1	39
Figura 9 – Cenários do software Algodoo.....	40
Figura 10 – Ferramenta <i>Bloque</i> do software Algodoo	41
Figura 11 – Superfície espelhada e índice de refração.....	42
Figura 12 – Propagação retilínea da luz.....	43
Figura 13 – Atividade prática 2 - Propagação retilínea da luz.....	44
Figura 14 – Reflexão regular	45
Figura 15 – Reflexão difusa	46
Figura 16 – Espectro da luz visível.....	48
Figura 17 – Disco de Newton.....	48
Figura 18 – Ferramenta <i>Círculo</i> no software Algodoo.....	49
Figura 19 – Ferramenta <i>Girar</i> do software Algodoo.....	50
Figura 20 – Opção CSG do software Algodoo.....	50
Figura 21 – Setor circular.....	51
Figura 22 – Cores utilizadas.....	52
Figura 23 – Disco de cores.....	53
Figura 24 – Superposição da luz.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Proposição didática 1.....	38
Quadro 2 – Proposição didática 2.....	47
Quadro 3 – Proposição didática 3.....	55
Quadro 4 – Proposição didática 4.....	58
Quadro 5 – Proposição didática 5.....	62
Quadro 6 – Proposição didática 6.....	65

LISTA DE SIGLAS

PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
CSG	<i>Constructive Solid Geometry</i> (Geometria Sólida Construtiva)

LISTA DE SÍMBOLOS

m	Metro
s	Ângulo
θ	Ângulo
rad	Radianos
rpm	Rotações por minuto
°	Grau

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Ensino de Física na escola	19
2.2 Recursos didáticos para o ensino de Física: possibilidades de articulação	20
2.2.1 Literatura	20
2.2.2 A poesia como recurso didático nas aulas de Física.....	22
2.2.3 A poesia no ensino da Óptica	22
2.2.4 Simulações computacionais	23
2.2.5 A aprendizagem conceitual.....	26
CAPÍTULO 3: METODOLOGIA.....	29
CAPÍTULO 4: PROPOSIÇÃO DE RECURSOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE FÍSICA.....	31
4.1 Simulações Computacionais	32
4.2 Poemas	56
CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Alguns dos problemas mais frequentes no ensino de Física em nível ensino básico podem estar geralmente vinculados a situações de ausência de laboratórios de ciências, lacunas na formação inicial e continuada de professores para trabalhar com laboratórios didáticos, aspectos curriculares, pressões oriundas de avaliações externas, falta de recursos para comprar materiais para o trabalho em sala de aula, ausência de recursos didáticos específicos (computadores, softwares, materiais para aulas práticas), bem como dificuldades de aprendizagem conceituais, fatores esses que acabam produzindo um distanciamento dos alunos quanto à física ensinada na escola (COSTA; BARROS, 2015).

Neste sentido, a utilização dos recursos didáticos se faz de fundamental importância para a melhoria de práticas educacionais no ensino de Física, levando-se em conta a diversidade e o desenvolvimento das tecnologias que são amplamente incorporadas nos diferentes espaços de natureza social, educacional, econômica, etc. contornando problemáticas como essas no ensino de Física de nível básico, desde que devidamente articulados com instâncias educacionais e as realidades vivenciais dos alunos, possibilitando ao aluno a identificação de conceitos e fenômenos físicos, buscando sempre que possível estabelecer relações com o cotidiano. Pensando no ensino de Física e nas dificuldades mencionadas, este trabalho está voltado para as dificuldades conceituais no ensino de Óptica no nível médio.

Não é raro encontrar situações em que ao trabalhar o conteúdo de Óptica em sala, o professor encontre dificuldades para abordagem dos conteúdos, seja de forma conceitual ou procedimental. Diante desse contexto, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa deste trabalho: Como recursos didáticos, especificamente simulações computacionais e poesias, podem ser trabalhados metodologicamente pelo professor em conteúdos referentes à óptica no ensino de física?

Deste modo, o objetivo geral do presente trabalho é o de apresentar uma proposta de construção de recursos didáticos para o ensino de conceitos de Óptica na educação básica, orientados para simulações computacionais e poesias. E, desta maneira, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Discutir a importância da utilização dos recursos didáticos no ensino de Física;

- Discorrer sobre relações possíveis entre o ensino de Física e a literatura;
- Construir simulações computacionais e poemas a partir de conceitos e fenômenos ópticos.

Justifica-se que o interesse pelo tema surgiu no contexto de atividades desenvolvidas em disciplinas como Laboratório para o Ensino de Física¹, onde foi possível perceber as contribuições da óptica para a sociedade e, principalmente para a educação através do surgimento das diversas ferramentas tecnológicas que auxiliam nas práticas de ensino bem como a vida na sociedade, de um modo geral, como óculos, máquinas fotográficas, binóculos, lunetas, microscópios, telescópios, Datashows, retroprojetores, lentes, laser, fibras ópticas, espelhos, televisores, leitores ópticos, sensores ópticos entre outras aplicações.

Por outro lado, a Literatura sempre chamou atenção do autor deste trabalho devido à sua maneira de expressar as coisas, de descrever o mundo e as relações que nele se constituem, possibilitando sua articulação com outras áreas do conhecimento, visto que o mesmo também é incentivado em documentos orientados para a educação brasileira:

Compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de músicas etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana (BRASIL, 2002, p. 68).

Já o interesse em estudar as simulações computacionais surgiu com o objetivo de usá-las para se entender os fenômenos físicos durante a graduação, o que permitiu refletir sua importância no processo de ensino-aprendizagem também na educação básica.

Assim, o presente trabalho está organizado em torno de cinco capítulos: introdução, referencial teórico, metodologia, resultados e considerações finais. No segundo capítulo, faz-se uma fundamentação teórica sobre abordagens do ensino de Física na escola, e a utilização de recursos didáticos para o ensino de Física (possibilidades e articulações). Na metodologia, traz-se uma descrição dos critérios que foram utilizados para a elaboração dos poemas e construções das simulações

¹ Ementa de Componente Curricular disponível em: <https://alunoweb.ufba.br/SiacWWW/ExibirEmentaPublico.do?cdDisciplina=IADA26&nuPerInicial=20091>.

computacionais. No capítulo dos resultados, são apresentados os poemas e as simulações computacionais com suas respectivas análises e sugestões para utilização desses no ensino de Física na educação básica. Por fim, nas considerações finais, é abordado o contexto da proposta dos recursos didáticos construídos e possíveis encaminhamentos.

CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ensino de Física na escola

Ensinar Física não é tarefa fácil, quando o que se tem em mente geralmente é a imagem de algo desagradável e que não irá servir para nada no dia-a-dia. Provavelmente, essa é uma imagem que muitos alunos têm a respeito da disciplina de Física na escola, pois:

[...] para muitas pessoas, após cursarem o Ensino Médio, falar em Física significa avivar recordações desagradáveis. Tanto isso é verdade, que não se esquece facilmente um professor de Física e, geralmente, por motivos pouco lisonjeiros, sendo até muito comum ouvirmos expressões como “Física é coisa para louco!”, reveladoras da imagem que os estudantes formam da Física na escola. (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007, p. 196)

Diversos fatores presentes no ensino de Física têm levado a contextos de insatisfação tanto por parte de professores quanto de alunos, ocasionados por inúmeras razões, desde a disposição dos conteúdos no currículo de Física até às realidades vivenciadas pelos alunos, como por exemplo, o ensino livresco e restrito a equações (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Além disso, Costa e Barros ressaltam,

O ensino das ciências Físicas e naturais no país está fortemente influenciado pela (o) ausência da prática experimental, dependência excessiva do livro didático, método expositivo, reduzido número de aulas, currículo desatualizado e descontextualizado e profissionalização insuficiente do professor (COSTA; BARROS, 2015, p. 10981).

Alguns aspectos como o uso contínuo de fórmulas matemáticas, a linguagem “técnica” (palavras difíceis), e até mesmo o uso de provas como principal método avaliativo são vistos pelos estudantes como fatores que dão a eles a concepção ou imagem de que a Física é algo difícil, muito complicado, não tendo, portanto, utilidade no dia-a-dia e, por este fato, uma parcela dos estudantes acha desnecessário aprender, relacionar ou aplicar a Física em seus cotidianos.

Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), essas atividades tendem a caracterizar a ciência como um produto acabado e inquestionável. Os conteúdos são, assim, trabalhados de forma abstrata ou em grau de complexidade excessivo para o nível educacional dos estudantes, contribuindo assim para a repercussão de uma imagem desfavorável do ensino desta ciência (MENEGOTTO; FILHO, 2008).

Como resultado, nota-se uma aprendizagem geralmente mecânica por parte dos alunos que, por sua vez, se dá por meio da repetição das informações do conteúdo, bastando apenas decorar algumas definições e fórmulas encontradas nos livros didáticos, e assim obter um bom conceito em avaliações, como nas provas escolares, por exemplo.

Desse modo, ao abordar conteúdos de Física em sala de aula, o professor deve se atentar ao fato de como o aluno irá compreender tais conteúdos e relacioná-los à sua realidade em menor ou maior grau de relevância. De acordo com Lopes (2004, p. 320), “conhecer as características dos alunos é uma tarefa essencial para preparar o ensino-aprendizagem de Física”. Esse passo se faz importante, pois implica diretamente na qualidade do ensino de Física, em especial, no ensino básico. A qualidade do ensino dependerá de como o conteúdo é abordado ao longo do processo de ensino, configurando a comunicação (diálogo) entre o professor e o aluno.

Visando a melhoria no processo de ensino, o professor pode adotar novas metodologias de ensino com o objetivo de superar as dificuldades de aprendizagem geralmente encontradas. Para isso, a escolha das abordagens de conteúdo, técnicas de ensino e do papel dessas no processo, devem estar orientadas pelos objetivos educacionais (AMARAL, 2006) a serem alcançados.

Do ponto de vista prático, a utilização de recursos didáticos pode vir a contribuir para melhoria da aprendizagem dos estudantes, possibilitando também a abordagem de diversos conteúdos. Diante do contexto da realidade do ensino em sala de aula acima exposto, pode-se afirmar que os recursos didáticos se mostram alternativos ao buscar sanar ou minimizar dificuldades de aprendizagem.

2.2 Recursos didáticos para o ensino de Física: possibilidades de articulação

2.2.1 Literatura

No ensino médio, a maioria dos estudantes tende a considerar as aulas de Física como desinteressantes. Algo semelhante pode-se afirmar a respeito da Literatura, pois não é sempre que esta recebe a devida importância nas escolas (BARBOSA, 2015, p. 2). Para os estudantes do ensino médio, Física e literatura aparentemente não compartilham nada em comum, sendo vistas como coisas

distintas. No entanto, em se tratando de propostas de ensino, ambas podem se articular ao fornecer recursos para lidar com temas da Física em sala de aula.

Mediar a interação entre as áreas do conhecimento é algo enriquecedor em termos de aprendizado. Tal mediação faz com que os estudantes tenham uma visão diferenciada de disciplinas taxadas como desinteressantes. Sendo assim, como um professor pode tornar as aulas de Física mais interessantes? Como trabalhar a Física articulada à artes, em especial no contexto da Literatura?

A Física enquanto ciência lida com modelos que são elaborados a partir da observação de fenômenos naturais e da construção de hipóteses, as quais são validadas ou abandonadas conforme os testes que são submetidos (CHALMERS, 1993). Já a Literatura, é a arte de criar e compor textos, um uso estético da linguagem escrita. Segundo Ribeiro (2010), a Literatura “é aquilo que desperta a imaginação do leitor e lhe provoca emoções de índole estética, sentimental, matemática ou lógica”. De acordo com Coutinho (1978), a Literatura promove uma transfiguração da realidade, ou seja, através de formas e linguagens a realidade é recriada e retransmitida. A linguagem é essencial neste contexto e o artista por meio dela se comunica com o mundo exterior.

A Literatura, como toda arte, é uma transfiguração do real, é a realidade recriada através do espírito do artista e retransmitida através da língua para as formas, que são os gêneros, e com os quais ela toma corpo e nova realidade. Passa, então, a viver outra vida, autônoma, independente do autor e da experiência de realidade de onde proveio (COUTINHO, 1978, p. 9-10).

Dito isso, é possível traçar paralelos entre Física e literatura, pois, a Física se utiliza de modelos, que são descrições da realidade de acordo com os fundamentos teóricos, experiências e modelos para explicar os fenômenos da natureza, ao passo que a literatura se utiliza muitas vezes dos fenômenos da natureza em seus versos literários.

A literatura e a Física habitam o mesmo ambiente cultural. Não só a Física influencia a literatura como vice-versa. Não no sentido de uma causalidade direta, mas sim no de um quadro interpretativo comum, de uma língua comum, de imagens e metáforas comuns (MECKE, 2004, p. 4).

Física e literatura podem, assim, contribuir para a promoção de práticas interdisciplinares² no processo de construção do conhecimento. Isso poderá ser feito

² De acordo Mozena e Ostermann (2016) a interdisciplinaridade vem a ser um diálogo, uma relação ou negociação de saberes entre uma ou mais disciplinas escolares.

através da utilização de poesias (um ramo da Literatura). Segundo o *Dicionário Online de Português (Dicio)*, “a poesia é a arte de compor ou escrever versos”. Ela possui dois gêneros textuais: o narrativo (epopeia) e o lírico. O gênero narrativo é um poema extenso que descreve as ações, os feitos memoráveis de um herói histórico ou lendário que representa uma coletividade. Já o gênero lírico é uma forma de expressar os sentimentos, o estado de espírito dos seres, as relações com os meios (natureza, sociedade) em forma poemas, sonetos etc.

2.2.2 A poesia como recurso didático nas aulas de Física

Dentre os contextos da Literatura, a poesia nos permite criar e recriar o mundo à nossa volta. Ela nos transmite de uma forma lúdica e interativa as emoções, as ideias do artista, a descrição da realidade, da cultura e dos fatos. É uma busca imaginativa na qual ela é o instrumento de comunicação entre o artista e o leitor (MOREIRA, 2002, p. 17).

A poesia enquanto recurso didático ainda é pouco utilizada nas práticas educacionais. Uma vez trabalhadas juntas no ensino médio, Física e poesia podem auxiliar tanto o processo de ensino-aprendizagem como também desmitificando a imagem da ciência, da matematização e provendo motivação cultural nos estudantes,

A poesia é uma das formas mais radicais que a educação pode oferecer de exercício de liberdade através da leitura, de oportunidade de crescimento e problematização das relações entre pares e de compreensão do contexto onde interagem (FILIPOUSKI, 2006, p. 338).

De acordo Moreira (2002, p. 17), Ciências e poesia são nutridas, ambas, pela criatividade e imaginação e cujas aproximações se revelam muito ricas. Tais aproximações podem proporcionar diversos benefícios aos alunos, como por exemplo, o hábito da leitura e o interesse pelas Ciências.

2.2.3 A poesia no ensino da Óptica

A Óptica é uma área da Física que trata do comportamento da luz e das ondas eletromagnéticas (YOUNG; FREEDMAN, 2012), e cujos estudos se acentuaram bastante nos últimos anos, tendo como resultado um grande número aplicações científicas e tecnológicas essenciais para o avanço da ciência como um todo

(NUSSENZVEIG, 1998). Isso faz da Óptica um conteúdo indispensável nas aulas Física do ensino médio (PCNEM, 2002).

Todavia, o ensino da Óptica muitas vezes lida com dificuldades que podem ser oriundas do fato de, na maioria das vezes, “este” não receber a devida importância no ensino médio como é dada à outros conteúdos de Física. Uma das razões é falta de laboratórios didáticos nas escolas voltados ao ensino da mesma (SILVA; TAVARES, 2005).

Assim, há certa defasagem nas escolas quanto ao ensino da Óptica e, para amenizar esse déficit no processo de ensino-aprendizagem, levando em conta a falta de recursos didáticos, o professor de Física pode utilizar a interdisciplinaridade como uma forma de recurso didático. No contexto da Literatura, por exemplo, temos a poesia que pode ser de várias formas, como um poema.

Utilizar a poesia no ensino da Óptica é uma estratégia didática e lúdica. Essa estratégia já sendo utilizada há algum tempo, mesmo que não muito frequente e, talvez por isto, a mesma não vista como possibilidade. O ensino da Óptica através da poesia pode ser feito utilizando-se a poesia para descrever os fenômenos ópticos presentes no cotidiano, tais como o arco-íris, o reflexo de uma pessoa em superfícies espelhadas, a utilização de óculos pelos estudantes, a interferência em bolhas de sabão etc. Além das poesias, as simulações computacionais podem ser também um recurso didático útil no ensino de óptica.

2.2.4 Simulações computacionais

Um fator que vem a contribuir para o processo de ensino-aprendizagem é o uso das ferramentas tecnológicas, que podem ser empregadas com finalidades diversas e em diferentes áreas. Na área de educação, há softwares educacionais que podem auxiliar a prática pedagógica do professor. O uso de softwares educacionais promoveu uma maior disseminação do conhecimento humano, favorecendo a elaboração de novas metodologias e estratégias didáticas, traçando novas formas de saber, ensinar e aprender. Sob diferentes tipos, as tecnologias estão presentes em muitos ambientes contemporâneos.

No ensino de Física, a utilização dos softwares educacionais se faz de maneira relevante, desde a construção de tabelas e gráficos, até o processamento de dados

etc., especialmente as simulações computacionais, não apenas no ensino de Física como também em outras áreas. As simulações computacionais estão incluídas nas chamadas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs). De acordo com Mendes (2008, s/p):

TIC é um conjunto de recursos tecnológicos que, se estiverem integrados entre si, podem proporcionar a automação e/ou a comunicação de vários tipos de processos existentes nos negócios, no ensino e na pesquisa científica, na área bancária e financeira, etc. Ou seja, são tecnologias usadas para reunir, distribuir e compartilhar informações, como exemplo: sites da Web, equipamentos de informática (hardware e software), telefonia, quiosques de informação e balcões de serviços automatizados.

Como Mendes (2008) afirma, as TICs são utilizadas para reunir, distribuir e compartilhar informações diversas através dos diferentes meios de comunicação através da integração destes entre si, a exemplo, os computadores, tablets, celulares, Datashows, quadros interativos, simulações computacionais, softwares, hardwares, sites da web, mídias etc.. presentes nos mais variados contextos sociais, econômicos, educacionais etc.. No contexto educacional, a incorporação das TICs na escola, de acordo com Modrow e Silva (2013, p. 12) deve ocorrer por meio de seus profissionais em situações que utilizem estratégias adequadas atuando como auxiliares na aprendizagem do aluno e no trabalho do professor.

Pode-se pensar as estratégias adequadas como as formas de articulação para a utilização das TICs na escola. Quanto à utilização das TICs de ensino de Física, as simulações computacionais se mostram muito úteis ao possibilitar ao professor de Física a abordagem de fenômenos que não podem ser reproduzidos em laboratório, seja porque a escola não dispõe de infraestrutura para tal, seja porque os experimentos são inacessíveis na realidade.

De modo simples, uma simulação computacional pode ser entendida como sendo uma reprodução feita em computador de uma situação real, utilizando-se um modelo para analisar determinada situação. Segundo Pegden, Shannon e Sadowski (1990, p. 3), “simulação é processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com esse modelo, com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégia para a sua operação”.

Assim, tem-se que uma simulação computacional é uma primeira aproximação da realidade, uma nova forma de entendê-la e analisá-la através de projeções e idealizações (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). O ensino de Óptica no nível médio

carece de recursos que assegurem sua qualidade e revele aos alunos sua real importância no cotidiano dos mesmos (SILVA; TAVARES, 2005). É aqui que se reitera a importância das simulações computacionais na prática pedagógica enquanto recursos didáticos. No ensino da Óptica, as simulações computacionais permitem aos estudantes visualizarem como os conceitos físicos podem ser entendidos de forma prática, dando-lhes um sentido mais concreto.

Uma das vantagens desses recursos é a possibilidade de realização de experimentos virtuais quando a escola não dispõe de materiais ou laboratórios de ciências que permitam ao professor a viabilização de práticas experimentais. Além disso, a obtenção e análise de dados de um sistema físico são feitos mais rapidamente através da mudança dos parâmetros físicos envolvidos na simulação.

Por outro lado, uma possível desvantagem está no fato de o estudante não perceber diferenças entre simulações computacionais e a própria realidade, uma vez que a simulação é uma modelagem daquilo que ocorre na realidade, ou seja, uma forma de descrever ou projetar como algo ocorre. A outra está na etapa de assimilação dos conceitos físicos envolvidos na simulação computacional, pois se o professor não os deixar claros o suficiente para o aluno, este poderá vir ter concepções ou interpretações errôneas acerca dos conceitos e fenômenos físicos abordados (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 80). Além disso, há outra problemática que está associada à dificuldade da disposição de uma estrutura que permita ao professor promover este tipo de abordagem metodológica em sala de aula. Todavia, as desvantagens mencionadas não vêm a retirar a importância do uso das simulações computacionais no ensino e aprendizagem de física, uma vez que a utilização articulada desse recurso didático tende a trazer benefícios para este ensino.

Um dos problemas encontrados pelos professores em trabalhar com simulações computacionais é a escolha do software cuja linguagem e formas de uso variam bastante. Isso torna mais difícil a escolha e manipulação desses softwares, uma vez que cada software apresentará um manuseio e ferramentas diferentes para a construção das simulações e o professor precisa de certo tempo para aprender manusear um determinado software e utilizá-lo para fins didáticos.

Diante desse contexto, um dos softwares que apresenta fácil manuseio em termos de simulações computacionais é o programa Algodoo by Algoryx, um software exclusivo de simulação 2D da Algoryx Simulation AB. Ele possui ferramentas de

desenho simples para projetar, construir e explorar os fenômenos físicos, permitindo a criação de cenas interativas, favorecendo desta forma, o ensino-aprendizagem em Física. Em virtude do seu fácil manuseio, o referido software será utilizado adiante, neste trabalho, para a construção das simulações computacionais com ênfase no ensino-aprendizagem dos conceitos e fenômenos ópticos.

2.2.5 A aprendizagem conceitual

Quando o professor aborda conceitualmente os conteúdos faz-se necessário que o mesmo entenda de que maneira poderá ocorrer o processo de aprendizagem dos conceitos por parte dos alunos.

Ao longo da história do processo educacional, surgiram diversas tendências pedagógicas referentes ao processo de ensino-aprendizagem. De acordo com Rosa e Rosa (2012), das pedagogias presentes no ensino de ciências temos a aprendizagem por transmissão, a aprendizagem por descoberta, o movimento das concepções alternativas e a aprendizagem por mudança conceitual. Na primeira, a aprendizagem por transmissão, Amaral (1998) diz que a aprendizagem é do tipo mecanizada, por assimilação e reprodução, onde o conhecimento é neutro, definitivo e inquestionável. Na segunda, tem-se a aprendizagem por descoberta, que é centrada no método da redescoberta e o sujeito do processo, neste caso, o aluno, é visto como um “pequeno cientista”, desconsiderando o papel do professor (ROSA; ROSA, 2012). Segundo Harres (2003), é caracterizada pela observação e experimentação, generalização indutiva, hipótese, verificação, comprovação ou não e conhecimento objetivo. Na terceira, tem-se o movimento das concepções alternativas, um modelo de ensino-aprendizagem construtivista, onde o aluno é um construtor ativo de seu próprio conhecimento, tanto no sentido da evolução de uma estrutura mental, quanto de revolução e ruptura de uma forma de pensamento (MALDANER, 2000). Finalmente, a aprendizagem por mudança conceitual é caracterizada pela provocação de insatisfação das convicções dos estudantes e das situações de conflito cognitivo dos mesmos, levando-os a buscarem uma mudança conceitual (ROSA; ROSA, 2012).

Quanto a um modelo de mudança conceitual e as estratégias para a construção do conhecimento em sala de aula, Mortimer (2000, p. 36) aponta duas características aparentemente compartilhadas no processo de ensino-aprendizagem. A primeira diz

que a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento. Já a segunda, é a consideração das ideias prévias dos estudantes. Moreira (2012) também afirma que independentemente dos métodos de ensino e dos conteúdos a serem trabalhados em sala de aula, o professor deve sempre levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos:

O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, 2012, p. 7)

Neste sentido, o professor pode adotar novas metodologias de ensino visando uma minimização dos desafios oriundos da profissão docente. Os conceitos internalizados pelos alunos devem ter uma significação para os mesmos, envolvendo desta forma, aspectos cognitivos, configurando, portanto, uma aprendizagem significativa. Para Ausubel (1968), aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, ocorre quando há a interação dos novos conhecimentos com os conhecimentos prévios do sujeito, também chamados de subsunçores. Assim, Ausubel propõe a teoria da assimilação onde a nova informação potencialmente significativa é relacionada a/e assimilada por um conceito subsunçor existente na estrutura cognitiva do sujeito havendo assim, a modificação do subsunçor por meio da interação dos novos conhecimentos com os já existentes na estrutura cognitiva.

De acordo com Moreira (2006), Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano de forma organizada e hierárquica conceitualmente, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos mais gerais. Assim, para Moreira (2006) há quatro tarefas que implicam na facilitação da aprendizagem significativa: Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino; Identificar quais os subsunçores (conceitos, proposições, ideias claras, precisas, estáveis) relevantes aprendizagem do conteúdo a ser ensinado: diagnosticar aquilo que aluno já sabe; e ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.

Pensando-se no ensino de Física e nos mecanismos que podem facilitar a aprendizagem dos conceitos trabalhados em sala de aula é que se faz necessário, segundo Germano (2016), a adoção de uma teoria que promova uma participação ativa dos estudantes nas atividades propostas, que proporcione uma interação e troca de significados entre os colegas e, principalmente, com o professor.

Desse modo, devem-se traçar metodologias onde o aluno é também um sujeito ativo do processo de ensino-aprendizagem. E para isto, podem ser utilizados recursos didáticos, como as simulações computacionais e poesias, pois em ambos os recursos os alunos interagem entre si e entre o professor, discutindo os conceitos e significados associados a estes e buscando sempre que possível relacionar os conceitos e suas aplicações no cotidiano.

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA

Neste trabalho é apresentada uma proposta para a construção e utilização de recursos didáticos para o ensino de conceitos de Óptica no ensino básico e, como tal, traz como aspecto sugestões que podem ser adotadas nas práticas de ensino de Física. Desta forma, foram discutidas as possibilidades e possíveis resultados que podem ser obtidos a partir da utilização desses recursos.

Nesta proposta, foram desenvolvidos dois recursos didáticos para o ensino de Óptica no ensino básico, que são simulações computacionais e poemas. Para a elaboração dos poemas, foram levados em consideração os fenômenos ópticos e elementos deste contexto que estão presentes no cotidiano dos estudantes. O professor poderá utilizar este recurso didático em suas aulas de Física para o ensino de conceitos de Óptica de maneira dinâmica e com o propósito de que os estudantes identifiquem e relacionem alguns fenômenos ópticos do cenário onde vivem, além de possibilitar que estudantes tenham um contato diferenciado com a poesia, de modo que eles venham a perceber que a Física pode estar presente em diferentes contextos e de diversas formas.

Foram elaborados três poemas. Entre os conceitos ópticos, buscou-se explorar, no primeiro poema, o fenômeno da refração atmosférica. No segundo, buscou-se descrever o surgimento do arco-íris a partir da refração e dispersão luminosa. Já no terceiro, procurou-se abordar a reflexão da luz em um espelho plano.

Na construção das simulações computacionais, foi utilizado o software *Algodooby Algoryx*. As animações foram feitas com o propósito de simular fenômenos ópticos. Na ausência de materiais didáticos ou de um laboratório de ciências que permita ao professor a realização de experimentos de óptica, o professor poderá utilizar essas animações como recurso didático durante aulas de Óptica. Foram construídas três simulações computacionais. A primeira simulação visa mostrar o fenômeno da dispersão da luz. A segunda, o princípio da propagação retilínea da luz e a terceira, a formação da luz branca.

Durante a execução das simulações computacionais o professor deverá indagar os estudantes sobre os possíveis fenômenos ópticos que estão sendo descritos nas simulações e onde os mesmos são observados, bem como a possibilidade de visualizar certos fenômenos a partir da variação de parâmetros do experimento.

CAPÍTULO 4: PROPOSIÇÃO DE RECURSOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE FÍSICA

Foram elaborados dois recursos didáticos, as poesias (em forma de poemas) e as simulações computacionais, ambos direcionados ao ensino de Óptica no ensino básico.

Os poemas foram construídos com o propósito de fazer com que os alunos tenham contato “diferenciado” com a Física, de modo a perceber que esta pode estar presente em diferentes contextos e de diversas formas. Espera-se que o uso desta proposta em sala de aula permita ao professor de Física trabalhar com o aluno de uma maneira mais livre, lúdica, onde o mesmo através da leitura possa aprender e, ou interpretar os conceitos e significados relacionados aos fenômenos físicos. Esta construção está voltada não apenas para a aprendizagem de conceitos de Física, mas também para uma perspectiva de caráter interdisciplinar de se trabalhar a Física em um contexto da literatura, tendo em vista segundo o PCNEM (2002) que é prevista as relações entre conhecimentos interdisciplinares para as competências em Física.

Já as simulações computacionais foram construídas com o propósito de propiciar ao professor da educação básica um recurso didático para o ensino de Física onde, espera-se, que a utilização deste recurso venha a permitir tanto ao professor de Física quanto ao aluno a investigação de um fenômeno físico através da alteração dos parâmetros físicos envolvidos pelos fenômenos simulados, a visualização do fenômeno abordado e a aprendizagem dos conceitos visando, desta forma, contribuir para uma facilitação das práticas de ensino de Física e uma possível melhoria na qualidade deste ensino e do rendimento escolar dos alunos, buscando aproximar o aluno à Física.

Esta proposta é de construção e de utilização de dois recursos didáticos para o ensino de Física e para tal, são propostas neste trabalho, além das construções dos recursos didáticos, as sugestões para a utilização destes nas aulas de Física na educação básica. Ressalta-se aqui, que esta proposta de construção e utilização de dois recursos didáticos ainda não foi aplicada ao seu público alvo e, portanto, não se têm dados e/ou resultados de sua utilização e o que é discutido neste trabalho são os possíveis resultados que se espera obter na educação básica a partir do uso desta proposta.

4.1 Simulações Computacionais

A seguir, são apresentadas as construções das simulações computacionais, os conceitos ópticos envolvidos e as sugestões para utilização dessas. Todas as imagens obtidas das simulações foram retiradas de captura de tela da área de trabalho do software Algodoo.

Simulação 1 – Dispersão da Luz

Até a época de Isaac Newton (1642-1727), a maioria dos cientistas imaginava que a luz era constituída por feixes de partículas (chamadas corpúsculos) emitidas pelas fontes de luz (YOUNG; FREEDMAN, 2016). Em torno do século XVII, começaram a surgir evidências de que a luz fosse uma onda devido a algumas características que ela apresentava. Apesar de vários cientistas defenderem a teoria ondulatória da luz, o modelo corpuscular de Newton, que descrevia a luz como uma partícula, era muito bem aceito pela comunidade científica da época.

Newton notou que um feixe de luz branca, proveniente do sol, ao atravessar um prisma retangular, produzia uma mancha colorida na parede de seu quarto. Ele chamou esta mancha de *spectrum* (espectro).

Figura 1: Newton com um prisma mostrando o espectro da luz do sol.



Fonte: TIPLER; MOSCA, 2006, p. 366.

Foi Newton o primeiro a perceber que a luz branca é uma mistura de luzes de todas as cores:

[...] tendo escurecido o meu quarto, fiz um pequeno orifício na janela, de modo a deixar penetrar uma pequena quantidade conveniente de luz solar. Coloquei o prisma em frente ao orifício, de maneira que a luz, ao se refratar, indicasse na parede oposta. Foi um agradável divertimento observar as intensas e vivas cores ali projetadas (NEWTON, 1672 apud LOPES, 2007, p. 7).

No início do século XIX, o físico e médico inglês Thomas Young (1773-1829), realizando experimento com uma dupla fenda, demonstrou o fenômeno de interferência luminosa, quando um feixe de luz difratado era projetado em uma tela e se observava um padrão com máximos e mínimos de interferência, evidenciando assim o caráter ondulatório da luz. A interpretação atual para o comportamento da luz é conhecida como modelo dual, na qual os comportamentos corpuscular e ondulatório são observados em determinados tipos de fenômenos como aqueles envolvendo refração e interferência (explicados pelo modelo ondulatório) e emissão e absorção de radiação eletromagnética (descrito pelo modelo corpuscular).

A luz branca comum é uma superposição de ondas cujos comprimentos abrangem todo o espectro visível. A velocidade da luz no vácuo é mesma para todos os comprimentos de onda (YOUNG; FREEDMAN, 2016). Assim, o índice de refração n para a luz em qualquer meio, exceto o vácuo, dependerá do comprimento de onda. Portanto, luzes com comprimentos de onda distintos sofrerão refrações diferentes. A dispersão, assim, vem a ser o espalhamento da luz conforme o seu comprimento de onda (HALLIDAY; RESNICK, 2009). Para ilustrar, na figura abaixo, um feixe de luz branca incide sobre a superfície de um prisma.

Figura 2: Dispersão da luz branca através de um prisma refrator.



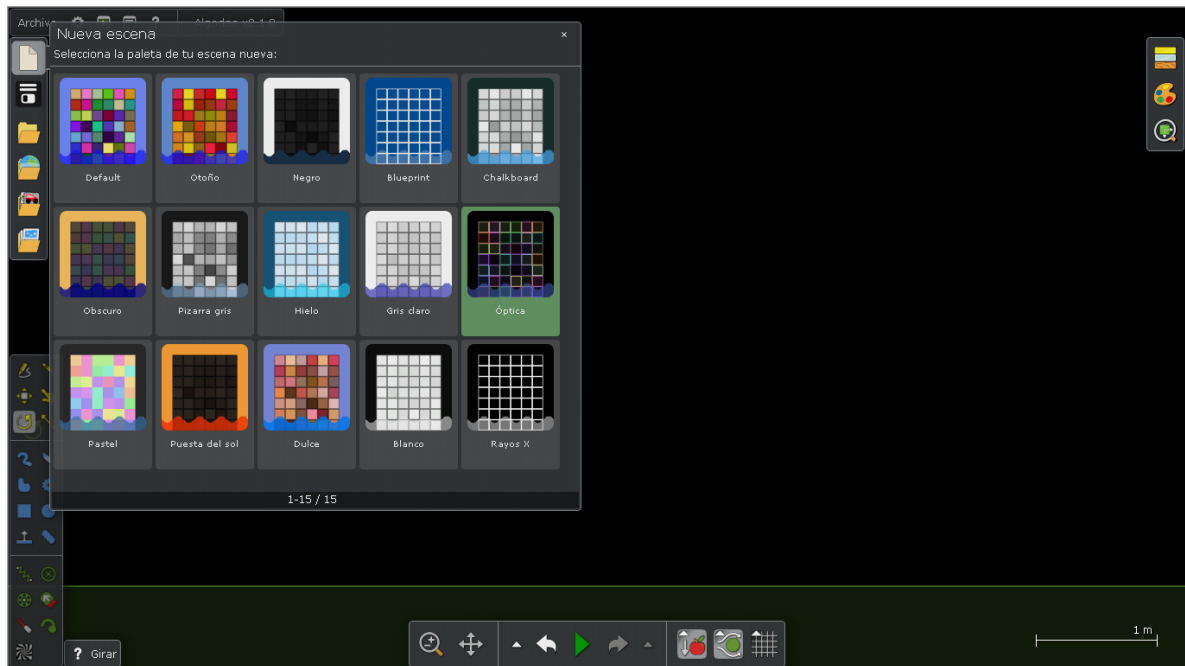
Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2009, p. 13

A primeira refração se dará do meio para o interior do prisma na interface de separação entre ambos. A segunda refração se dará do prisma para o meio na outra interface de separação. Luzes com comprimentos de onda maiores como o vermelho, por exemplo, sofrerão menos desvios em relação à normal da superfície.

Etapas de Construção – Dispersão da Luz

De início, é necessário escolher um cenário adequado ao tipo simulação a ser construída, para assim, obter-se uma melhor visualização do fenômeno óptico. Para isto, deve-se ir na opção *Nueva escena* e seleccionar o cenário *Óptica*, como indicado na figura abaixo, pois o cenário *Default* é o cenário inicial do software.

Figura 3: Cenários do software Algodoo

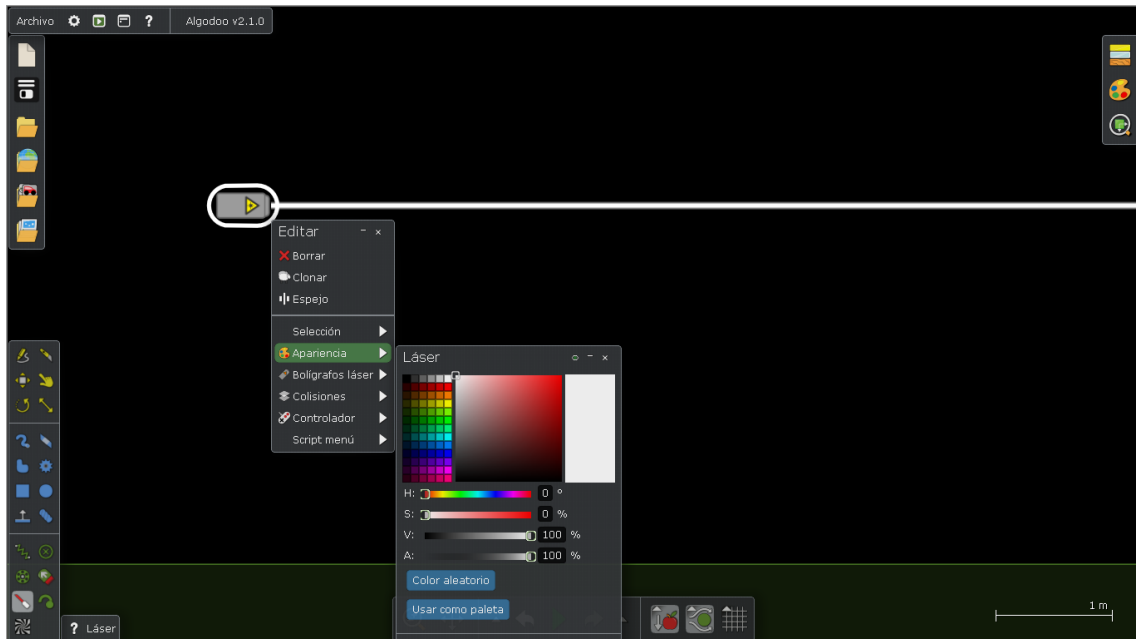


Fonte: Autor da pesquisa

O cenário *Óptica* é composto por duas superfícies de separação, ambas com índices de refração diferentes, em preto (meio 1) que possui índice de refração igual 1 e em verde escuro (meio 2) que possui um índice de refração igual 1,5.

Após a escolha do cenário, deve-se seleccionar a ferramenta *Laser* para inserir uma fonte de luz monocromática no cenário óptico. Para haver a dispersão da luz, é necessário que a fonte da mesma seja uma fonte de luz policromática. Para isso, deve-se clicar sobre a fonte de luz com o botão auxiliar do mouse e, na opção *Aparience*, alterar a cor da fonte luz na paleta de cores como indicado na figura.

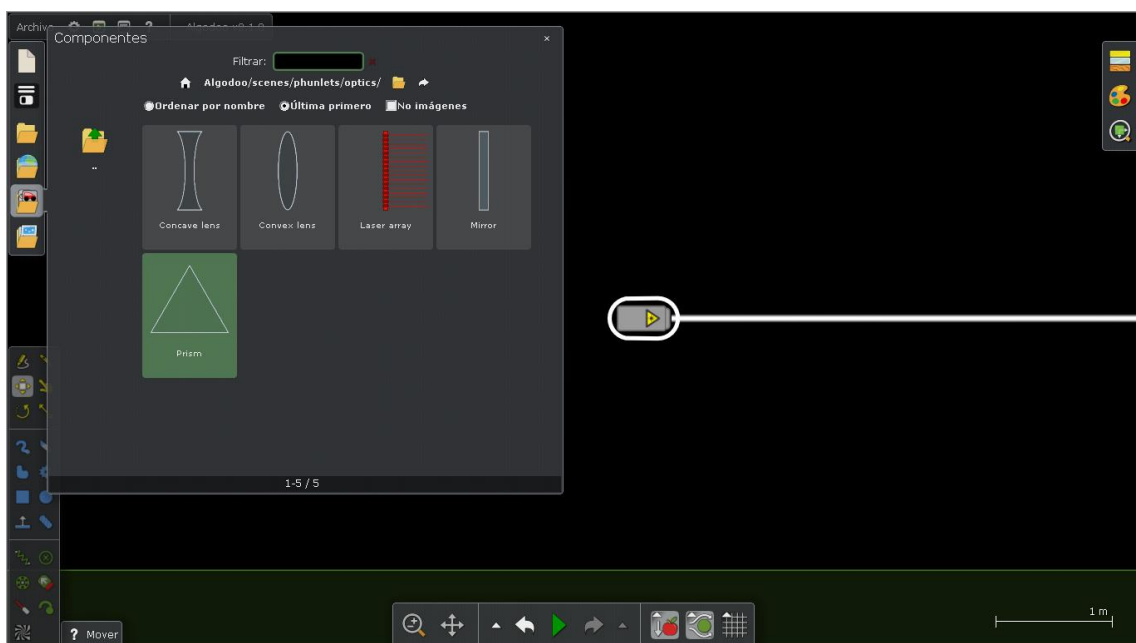
Figura 4: Ferramenta *Laser* do software Algodoo.



Fonte: Autor da pesquisa

Após a alteração da fonte luz, deve-se ir à opção *Componentes* e seleccionar o objeto *Prism* (prisma) como mostrado na figura abaixo.

Figura 5: Componentes ópticos do software Algodoo.

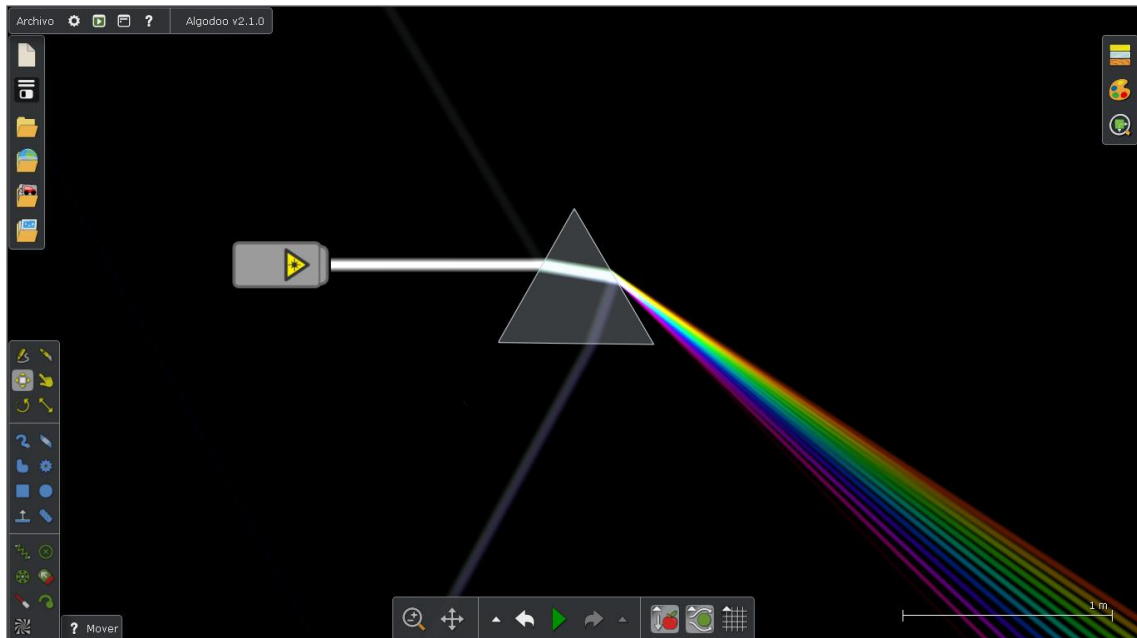


Fonte: Autor da pesquisa

Depois, utiliza-se a ferramenta *Mover* seleccionada na figura abaixo para reposicionar tanto a fonte de luz quanto o prisma, alterando a distância entre eles. Logo abaixo da ferramenta *Mover*, há a ferramenta *Girar*, que deve ser utilizada para

girar os objetos do cenário óptico em diferentes ângulos o que permite analisar situações diversas como a intensidade da luz refratada em função do feixe de luz incidente.

Figura 6: Dispersão da luz.



Fonte: Autor da pesquisa

A figura acima mostra a finalização da construção da simulação computacional que vem a tratar do fenômeno óptico de dispersão da luz. O feixe de luz incidente ao atravessar o prisma sofrerá uma refração, ou seja, um desvio na sua trajetória. Este desvio irá variar de acordo com o índice de refração do meio (neste caso, o do prisma). Luzes com comprimentos de onda diferentes sofrerão desvios diferentes. Após a refração, nota-se que os feixes de luz com comprimentos de onda próximos ao do vermelho sofrem um desvio menor quando comparados aos feixes de luz com comprimentos de onda próximos ao do azul. Isso mostra que, quanto maior for o valor da frequência do feixe de luz incidente, maior será o desvio sofrido por este feixe ao passar de um meio refrator para outro.

Sugestões para utilização da simulação

O professor pode adotar este recurso virtual tendo em vista a praticidade proporcionada pelo software para a construção e análise da simulação computacional do fenômeno da dispersão da luz.

O software permite simular diversas situações a partir da alteração das cores da fonte de luz, da forma do prisma e do ângulo de incidência da luz. O professor pode explorar aspectos como os diferentes desvios de feixes monocromáticos na paleta de cores na opção *Aparience*, mudar o ângulo de incidência do feixe, o formato do prisma e verificar o que acontece com o feixe de luz quando o mesmo incidir perpendicularmente sobre um meio ou superfície refratora bem como explicar fenômeno do arco-íris.

Como sugestão, o professor pode pedir aos alunos que construa um espectroscópio caseiro. Um espectroscópio é um instrumento que serve para observar e analisar espectros. Na construção deste espectroscópio, o professor precisa pedir aos alunos que para levarem em os seguintes materiais: 1 caixa de creme dental vazia; 1 fita isolante; 1 tesoura; 1 papel cartão preto e um CD.

Inicialmente, utiliza-se a fita isolante para retirar a película que recobre o CD. Em seguida, com a tesoura, corta-se o CD ao meio e depois retira-se um pequeno pedaço do mesmo. Depois, com a tesoura, corta-se a área das duas extremidades da caixa. Corta-se também um pedaço de papel cartão e, em seguida, com este pedaço de papel e a fita isolante deve-se cobrir a área lateral da caixa de creme dental e o fundo de uma das extremidades cortadas.

Em seguida, corta-se mais um pequeno pedaço do papel cartão donde deve-se fazer um corte em formato retangular em sua região central sendo este corte menor do que o tamanho do pedaço de CD cortado. E a fita isolante, deve-se colar o pedaço de CD sobre a região central do papel cartão que foi cortado e feito isto, deve-se cobrir a outra extremidade livre da caixa. Depois, deve-se abrir uma pequena abertura na outra extremidade da caixa, finalizando-se assim, a montagem do espectroscópio. Com esta atividade prática é possível observar a dispersão da luz branca oriunda de uma fonte luminosa.

Os estudantes devem analisar a luz de pelo menos duas fontes luminosas que podem ser a luz do sol (nunca apontar diretamente para o sol) e de uma lâmpada fluorescente, por exemplo, e assim, registrar as observações acerca dos espectros de emissão dessas fontes sob orientações do professor. Abaixo, na tabela 4, é mostrado um quadro resumo da proposta para elaboração e utilização dessa simulação computacional como recurso didático no ensino de Física.

Quadro 1: Proposição didática 1

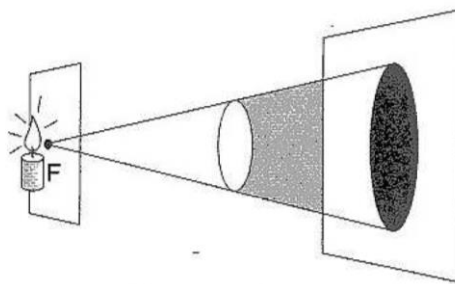
Proposição didática com a utilização do recurso simulação computacional			
Objetivos	Aspectos do cotidiano	Conceitos físicos envolvidos	Proposição didática
- Investigar o fenômeno da dispersão da luz; -Trabalhar conceitos ópticos; - Propiciar ao professor da educação básica um recurso didático para o ensino de Física; - Contribuir para melhoria na qualidade do ensino Física buscando aproximar o aluno à Física.	- O arco-íris; - A luz visível	- Luz branca; - Dispersão da luz; - Refração da luz; - Arco-íris - Espectro da luz visível; - Índice de refração	1 - Utilização de uma simulação computacional; 2 - Alteração e discursão dos parâmetros da simulação; 3 - Atividade prática: construção de um espectroscópio caseiro para observar a dispersão da luz e os espectros de emissão de duas fontes luminosas. 4 - Ao final da atividade prática, os alunos devem relacionar os conceitos da mesma com os discutidos na simulação e, junto com o professor, discutir suas implicações no cotidiano.

SIMULAÇÃO 2 - Propagação Retilínea da Luz

Em um meio homogêneo, transparente e isotrópico (propriedades Físicas independentem da direção) a luz se propaga de forma retilínea, como por exemplo, no vácuo. Isto é particularmente reconhecível quando a fonte de luz é “puntiforme”, ou seja, de dimensões desprezíveis em confronto com as demais que entram na observação (NUSSENZVEIG, 1998). Como exemplos, pode-se observar a luz que sai de um projetor de filmes, a luz que entra em uma câmara escura ou a luz que passa por um pequeno orifício etc.

Ao passar por um pequeno orifício de forma circular próximo a um anteparo, a luz projetará sobre o anteparo uma sombra com mesmo formato do orifício. Este princípio explica o surgimento da sombra.

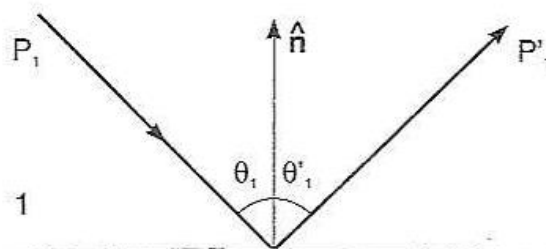
Figura 7: Câmara escura.



Fonte: NUSSENZVEIG, 1998, p. 3

Pode-se descrever a propagação retilínea da luz através do Princípio de Fermat, que afirma que “de todos os caminhos possíveis para ir de um ponto ao outro, a luz segue aquele que é percorrido no tempo mínimo” (NUSSENZVEIG, 1998). Quando um raio de luz P_1 incide sobre uma superfície refletora em um ângulo θ_1 em relação à normal da superfície, sofrerá uma reflexão em um ângulo θ'_1 em relação à normal.

Figura 8: Ângulo θ_1 do feixe incidente P_1 e ângulo θ'_1 do feixe refletido



P'_1 . Fonte: (NUSSENZVEIG, 1998, p. 7)

Sobre uma superfície lisa que separa dois materiais transparentes, o raio incidente, o raio refletido e a normal da superfície $\hat{n}$ estão em um mesmo plano denominado plano de incidência (YOUNG; FREEDMAN, 2016). A lei da reflexão diz que, o raio refletido está no plano de incidência e tem um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência (HALLIDAY; RESNICK, 2016), ou seja:

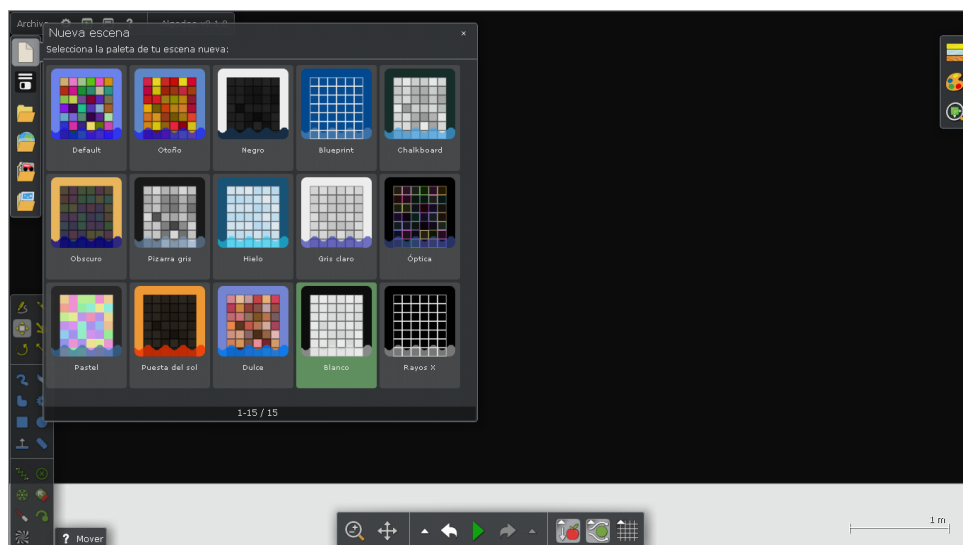
$$\theta_1 = \theta'_1$$

Um exemplo de superfície refletora é o espelho plano, uma superfície que reflete um raio luminoso em direção definida em vez de absorvê-lo ou espalhá-lo em todas as direções (HALLIDAY; RESNICK, 2006). Pode-se utilizar uma ou mais superfícies refletoras como forma de se verificar a propagação retilínea da luz.

Etapas de Construção - Propagação Retilínea da Luz

Para a construção desta simulação, deve-se ir à opção *Nueva escena* e selecionar o cenário *Blanco*, como indicado na figura abaixo, pois este cenário possui um fundo escuro. Pode-se também selecionar outros cenários como *Default*, o *Otoño* e *Óptica*, porém na escolha dos cenários *Default* e *Otoño* deve-se clicar com o auxiliar esquerdo do mouse na tela de fundo do cenário e ir à opção *Opciones de fondo* e selecionar a cor de fundo (recomenda-se um fundo escuro). O cenário *Blanco* já atende à esta recomendação e, por isso, a sua escolha para essa construção.

Figura 9: Cenários do software Algodoo

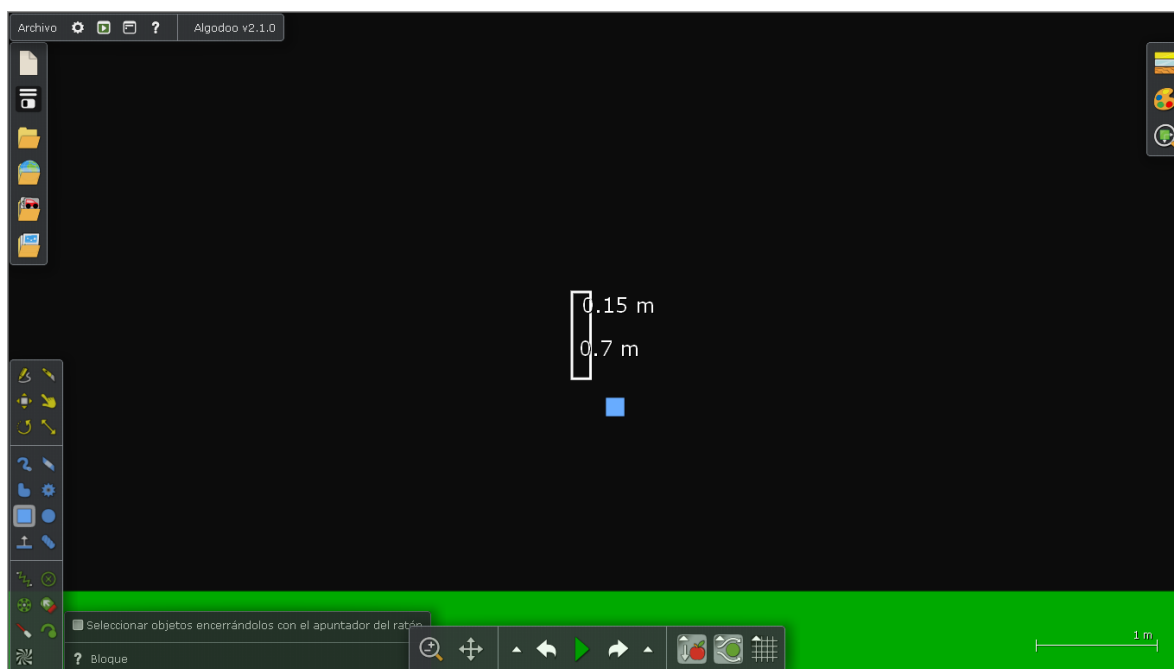


Fonte: Autor da pesquisa

No cenário, a parte inferior em branco é o plano (ou solo). Para alterar sua cor, deve-se clicar sobre o plano com o botão auxiliar do mouse e, na opção *Apariense*, alterar a cor do plano (fica a critério). Aqui, escolheu-se a cor verde.

Para verificar a propagação retilínea da luz, é preciso ter um sistema composto por uma fonte luminosa e um conjunto de superfícies planas espelhadas (ou espelhos planos) dispostos de um dado modo (fica a critério). Para criar uma superfície plana espelhada deve-se clicar na ferramenta *Bloque* mostrada na figura abaixo. Logo após, utiliza-se o mouse para desenhar-se um bloco retangular. As dimensões do bloco podem ser diversas. Aqui, adotou-se as medidas do bloco iguais à 0,7 m x 0,15m (comprimento x largura).

Figura 10: Ferramenta *Bloque* do software Algodoo



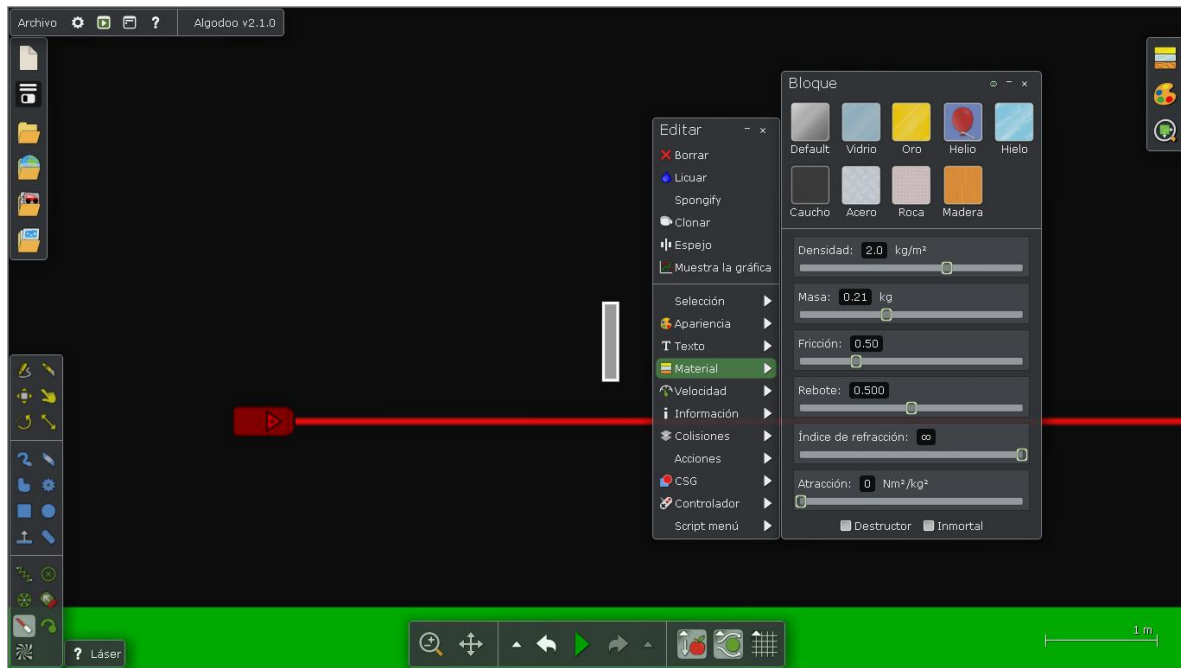
Fonte: Autor da pesquisa

Ao clicar-se sobre o bloco, na opção *Apariense*, alterar-se a cor do mesmo. Nesta etapa, o bloco criado é apenas um bloco comum. Ao clicar novamente sobre o bloco para alterar suas propriedades (massa, densidade, material, etc.) na opção *Material*, pode-se verificar que a opção para alterar o valor do índice de refração do bloco não encontra ativada. Para ativar esta opção, é preciso inserir no cenário uma fonte de luz, utilizando-se para isto, a ferramenta *Laser* mostrada na figura a seguir.

Após a inserção da fonte de luz, clica-se sobre o bloco retangular e na opção *Material*, clica-se na opção *Índice de refracción* para alterar o valor do índice de

refração do bloco que, neste caso, o da obtenção de uma superfície plana e espelhada, o valor a ser escolhido para o índice de refração do bloco deverá ser o infinito, como mostrado na figura 11.

Figura 11: Superfície espelhada e índice de refração

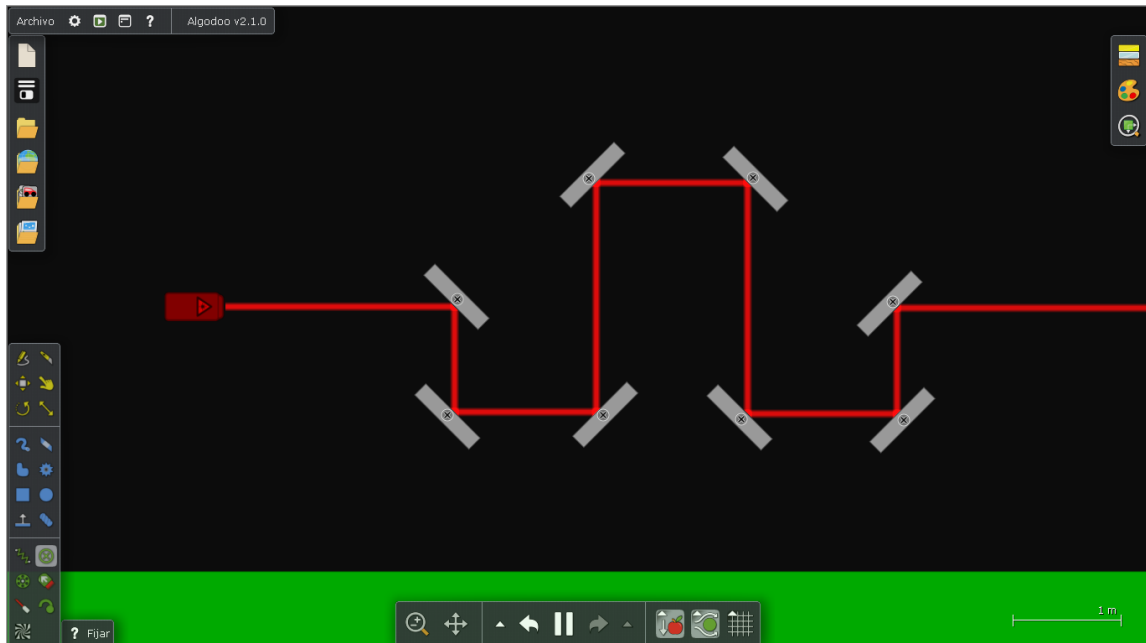


Fonte: Autor da pesquisa

Na figura 11, já com o bloco selecionado, utiliza-se a opção *Clonar*, para se obter uma superfície plana espelhada idêntica à selecionada. Deve-se realizar este procedimento diversas vezes. Aqui, o referido procedimento foi realizado de modo que fossem obtidas oito superfícies planas espelhadas.

Depois, utiliza-se a ferramenta *Mover* já mostrada na figura para posicionar as superfícies planas espelhadas, de modo a traçar um caminho (trajetória) para o feixe de luz incidente percorrer. Utilizando-se a ferramenta *Girar*, gire cada superfície espelhada em um ângulo de 45° (podem ser explorados outros ângulos também), algumas para a esquerda e outras para a direita. Utilizando-se a ferramenta *Fijar* indicada na figura abaixo para fixar os espelhos.

Figura 12: Propagação retilínea da luz



Fonte: Autor da pesquisa

A figura acima mostra a finalização da construção da simulação computacional, sobre o fenômeno óptico da propagação retilínea da luz. O feixe de luz, ao incidir sobre uma superfície plana espelhada, sofrerá reflexão total de forma regular e o ângulo formado entre o feixe de luz refletido e a normal da superfície plana espelhada dependerá do ângulo de incidência do feixe de luz em relação à normal da superfície espelhada.

Com esta construção, é possível verificar a lei da reflexão, donde o ângulo entre o feixe de luz refletido θ_2 em relação à normal de uma superfície plana é igual ao ângulo do feixe de luz incidente θ_1 . Verifica-se, assim, através desta simulação, que a luz se propaga retilínea.

Sugestões para utilização da simulação

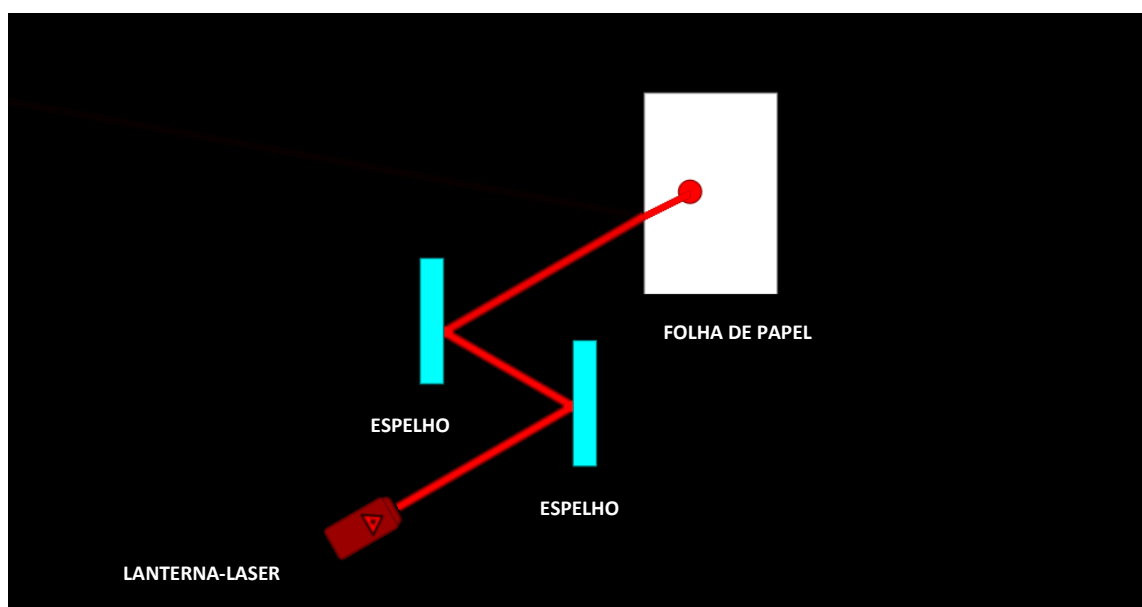
A presente construção desta simulação computacional serve como um recurso didático para o ensino de óptica para o ensino básico com o enfoque de mostrar a propagação retilínea da luz. O professor pode explorar aspectos como os diferentes ângulos dos feixes de luz refletidos em relação à normal de uma superfície refletora principalmente quando um feixe de luz incidir perpendicularmente sobre este tipo de superfície.

. Como sugestão, propõe-se a realização de duas atividades práticas a serem realizadas pelos alunos em grupo. Na atividade prática 1, os alunos irão produzir e investigar a formação da sombra. Na atividade prática 2, os alunos irão investigar a propagação retilínea da luz.

Para a atividade prática 1, o professor deverá levar para a sala de aula os seguintes materiais: 1 lanterna; 1 folha de papel A4 (folha sem pauta) e 1 objeto pequeno (uma borracha, um anel, uma moeda, uma tampinha). Inicialmente, os alunos devem posicionar a folha de papel na frente da lanterna (cerca de 40 cm, no máximo). Coloca-se o pequeno objeto entre a lanterna e a folha de papel e liga-se a lanterna. Os alunos devem mudar a posição do objeto, do anteparo e anotar suas observações sobre a formação da sombra. Pode-se utilizar também ao invés de um pequeno objeto a mão de um dos alunos, porém, neste caso, a sombra deverá ser projetada em uma das paredes da sala de aula devido ao tamanho da sombra.

Para a atividade prática 2, o professor deverá levar para a sala de aula os seguintes materiais: 2 pequenos espelhos, 1 mini lanterna-laser e 1 folha de papel A4. Inicialmente, os alunos devem posicionar os dois espelhos, a mini lanterna-laser e a folha de papel conforme esquema da figura 13. Os alunos devem mudar a posição da lanterna-laser, dos espelhos e da folha de papel e anotar suas observações sobre a propagação da luz e demais observações e discutir em sala com os outros grupos e o professor.

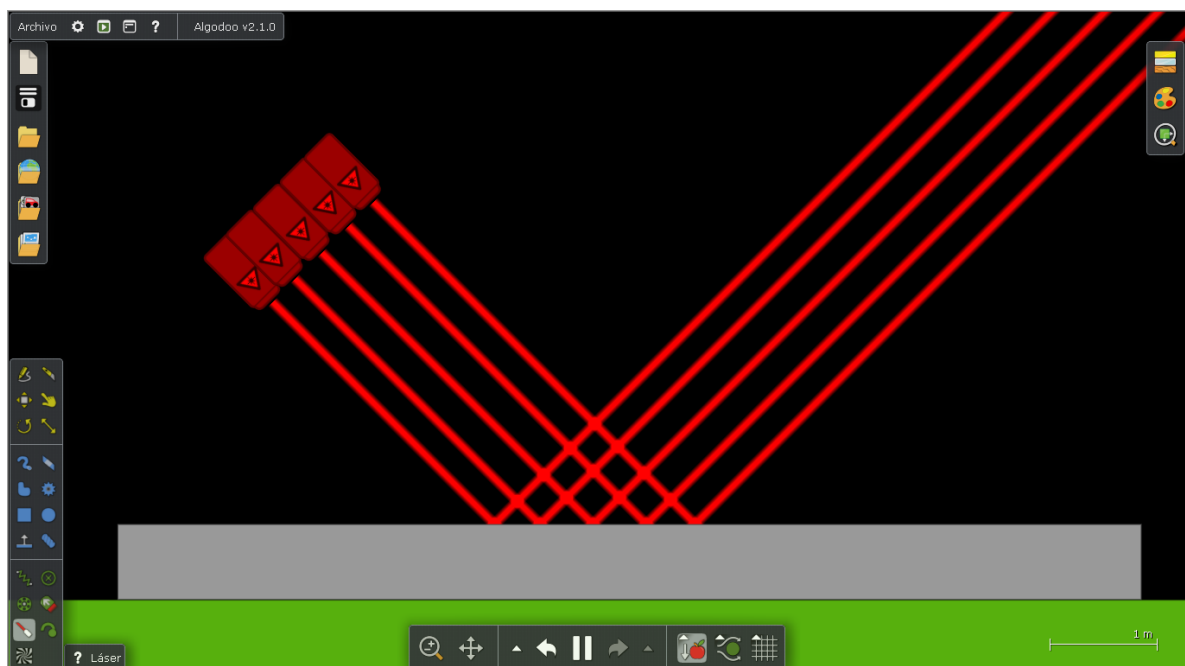
Figura 13: Atividade prática 2 - Propagação retilínea da luz



Fonte: Autor da pesquisa

Outra sugestão é a utilizar outra simulação, a dos tipos reflexão, regular e difusa. Com esta simulação, é possível mostrar a reflexão regular através da inserção de vários feixes de luz paralelos, utilizando a ferramenta *Laser*, todos de mesma cor. Com a Ferramenta *Bloque* desenha-se uma superfície plana assim como mostrado na figura 10 e através dos procedimentos descritos para a construção da simulação, propagação retilínea da luz, faz-se, desta uma superfície plana, refletora. A figura 13 mostra esta sugestão.

Figura 14: Reflexão regular



Fonte: Autor da pesquisa

Observa-se que os feixes de luz ao incidirem sobre uma superfície plana, são refletidos paralelamente entre si, sendo que o ângulo dos feixes refletidos em relação à normal da superfície refletora será igual ao ângulo dos feixes de luz incidentes conforme modelo teórico descrito na simulação II.

Já para mostrar a reflexão difusa, o professor pode utilizar a ferramenta *Dibujo* para desenhar superfícies irregulares e através dos procedimentos descritos para a construção da simulação, propagação retilínea da luz, o mesmo pode tornar uma superfície irregular refletora e a partir disso, inserir vários feixes de luz paralelos utilizando-se a ferramenta *Laser*, de mesmo modo como proposto para a reflexão regular, na figura 13. A figura 14 mostra esta sugestão.

Figura 15: Reflexão difusa



Fonte: Autor da pesquisa

Observa-se que os feixes de luz, ao incidirem sobre uma superfície irregular, são refletidos de forma difusa entre si, sendo diferente o ângulo dos feixes refletidos em relação ao ângulo dos feixes de luz incidentes. Abaixo, na tabela 5, é mostrado um quadro resumo da proposta para elaboração e utilização dessa simulação computacional como recurso didático no ensino de Física.

Quadro 2: Proposição didática 2

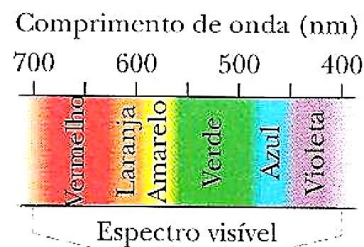
Proposição didática com a utilização do recurso simulação computacional			
Objetivos	Aspectos do cotidiano	Conceitos físicos envolvidos	Proposição didática
- Investigar o fenômeno da propagação da luz; -Trabalhar conceitos ópticos; - Propiciar ao professor da educação básica um recurso didático para o ensino de Física; - Contribuir para melhoria na qualidade do ensino Física buscando aproximar o aluno à Física.	- Propagação da luz - Formação da sombra; - Superfícies refletoras	- Propagação retilínea da luz; - Reflexão regular; - Reflexão difusa; - Feixe de luz incidente e refletido; - Superfícies refletoras: espelhos planos; - Formação da sombra; - Ângulo de incidência e reflexão da luz -	1 - Utilização de uma simulação computacional; 2 - Alteração e discursão dos parâmetros da simulação; 3 - Atividade prática 1: produzir e investigar a formação da sombra; 4- Atividade prática 2: utilizar 2 pequenos espelhos, 1 mini lanterna-laser e 1 folha sem pauta para investigar a propagação retilínea da luz; 5 - Outra sugestão é trabalhar as simulações computacionais da reflexão regular e difusa juntamente com a simulação da propagação retilínea da luz e discutir suas implicações no cotidiano.

SIMULAÇÃO 3 - Disco de Cores

Após a publicação do *Principia*, em 1687, Newton publicou em 1704 sua obra *Opticks*, que traz seus resultados sobre a decomposição espectral da luz branca e observações de efeitos ondulatórios, como os anéis de Newton, incluindo determinações precisas de comprimentos de onda (NUSSENZEVEIG, 1998).

O conhecimento das propriedades da luz nos permite explicar por que o céu é azul, além de entender o funcionamento do olho humano e de dispositivos como telescópios, microscópios, câmeras e óculos (YOUNG; FREEDMAN, 2016). A luz visível é a parte do espectro eletromagnético ao qual o olho humano é sensível (HALLIDAY; RESNICK, 2006) e a percepção das cores está relacionada ao comprimento de onda dessa radiação.

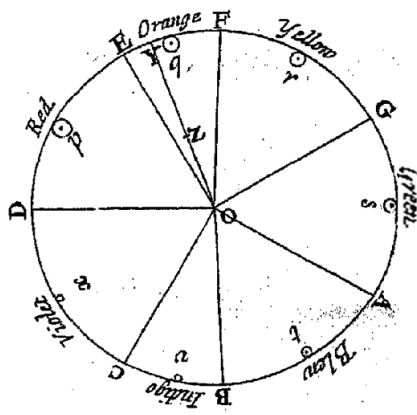
Figura 16: Espectro da luz visível.



Fonte: HALLIDAY; RESNICK, 2009, p.2

De acordo Newton (1704, p. 114), é possível saber a cor da composição em uma mistura de cores primárias, sendo dadas a quantidade e qualidade (tons) de cada uma. Desse modo, o mesmo propôs em sua obra *Opticks* a construção de um disco de cores mostrado na figura abaixo.

Figura 17: Disco de Newton.

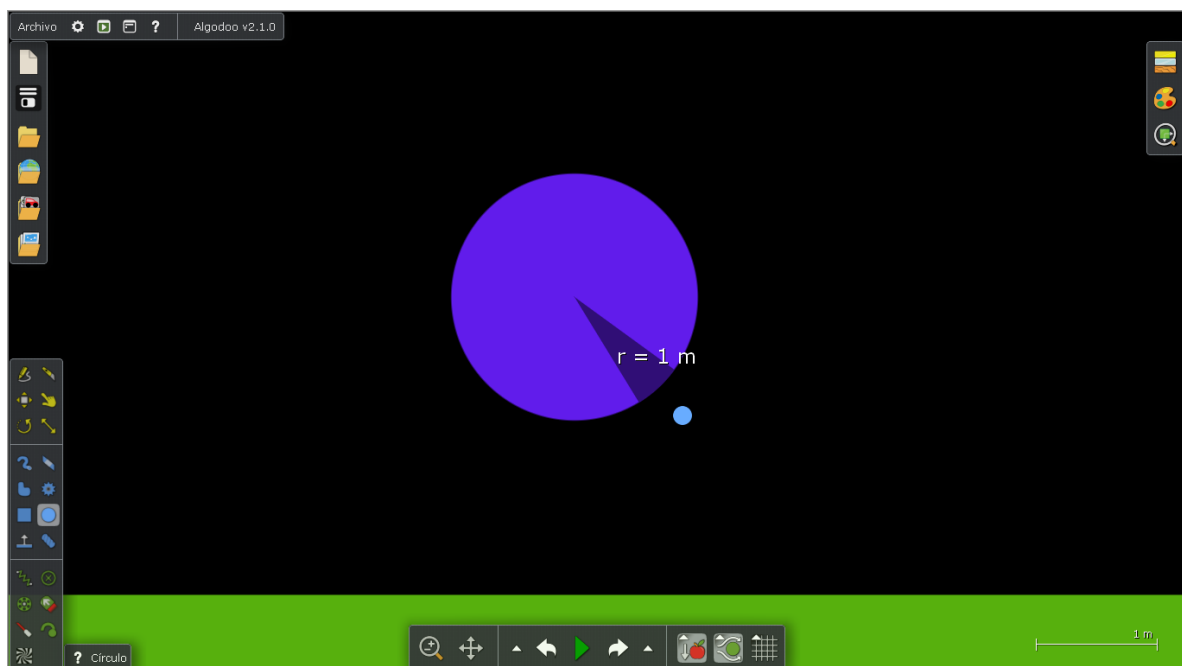


Fonte: NEWTON, 1704, p. 147

Etapas de Construção – Disco de Cores

Inicialmente, utilizando-se o cenário inicial do software, o cenário *Default*, clica-se na tela de fundo e na opção *Opciones de fondo* altera a cor de fundo a critério com a paleta de cores. Aqui, utilizou-se um fundo escuro. Logo após, deve-se utilizar a ferramenta *Círculo* para criar um círculo, de acordo com a figura abaixo. O raio do círculo criado pode ser de qualquer tamanho, porém, recomenda-se aqui, que o círculo criado tenha um raio de 1 metro.

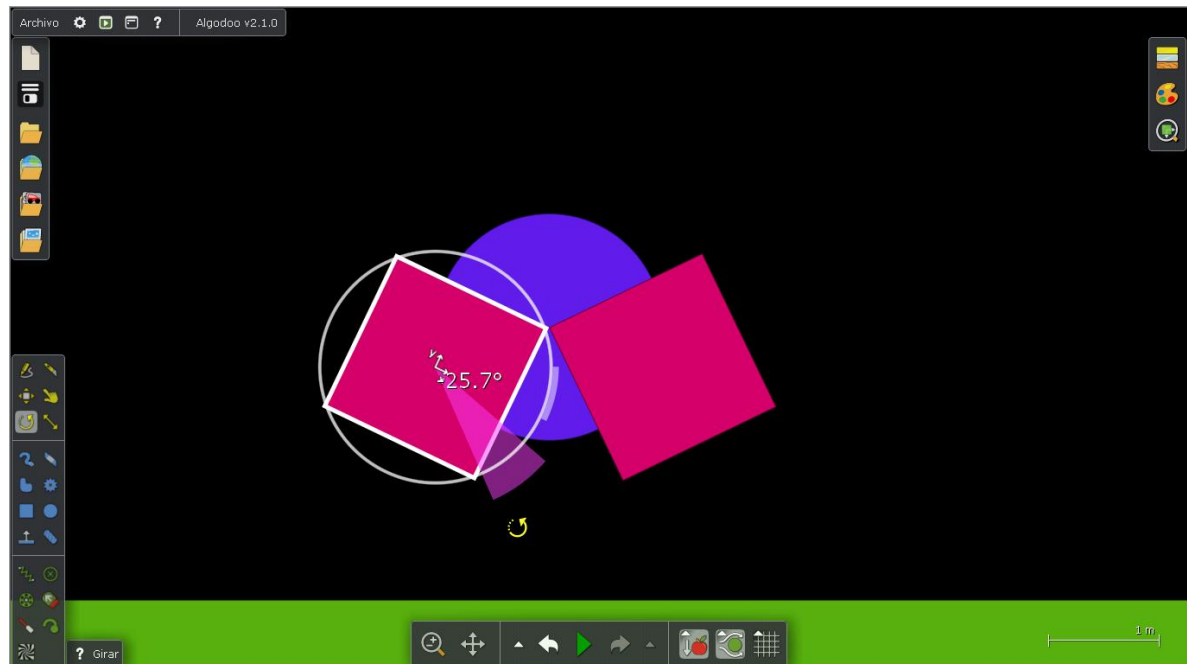
Figura 18: Ferramenta *Círculo* no software Algodoo



Fonte: Autor da pesquisa

Utilizando-se a ferramenta *Bloque* (ao lado da ferramenta *Círculo*), criam-se dois quadrados idênticos cuja medida dos lados seja maior do que a medida do raio do círculo. Os quadrados da figura abaixo possuem lados medindo 1,5 metros. Feito isso, deve-se utilizar a ferramenta *Girar* para inclinar os dois quadrados. Faz-se, assim, o giro do primeiro quadrado a $25,7^\circ$ para a direita e, o segundo, a $25,7^\circ$ para a esquerda. Logo após, com a ferramenta *Mover*, posiciona-se os dois quadrados sobre o círculo conforme mostrado na figura abaixo.

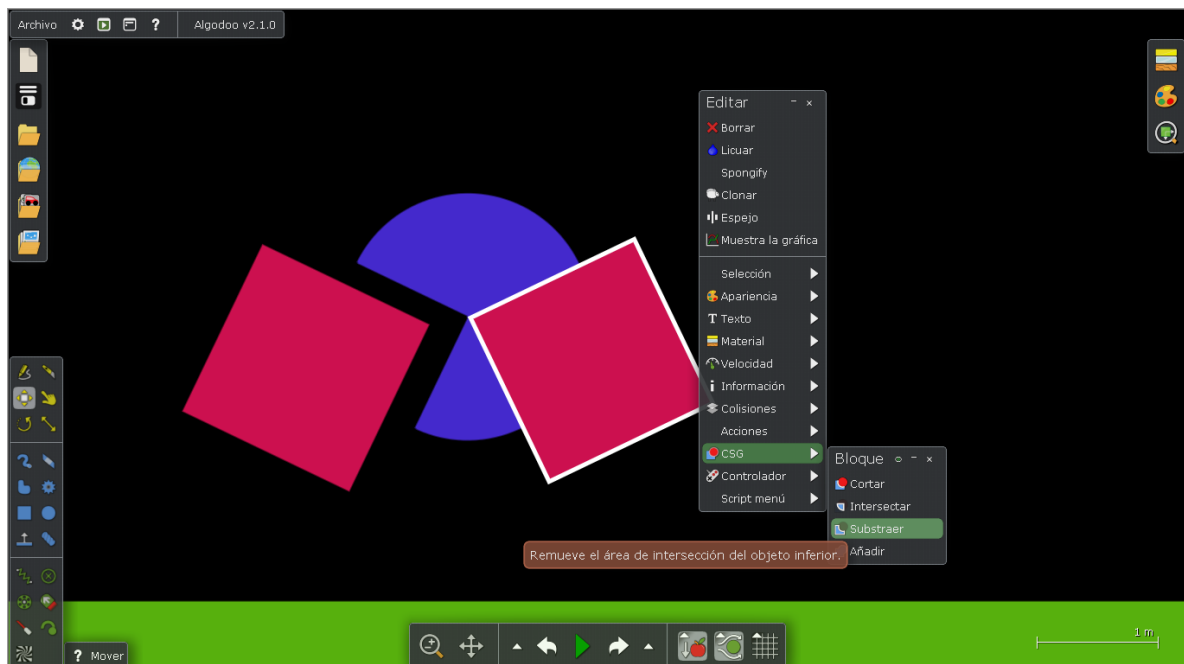
Figura 19: Ferramenta *Girar* do software Algodoo



Fonte: Autor da pesquisa

Deve-se clicar sobre um dos quadrados e na opção CSG clica-se em *Substraer* como mostrado na figura 19.

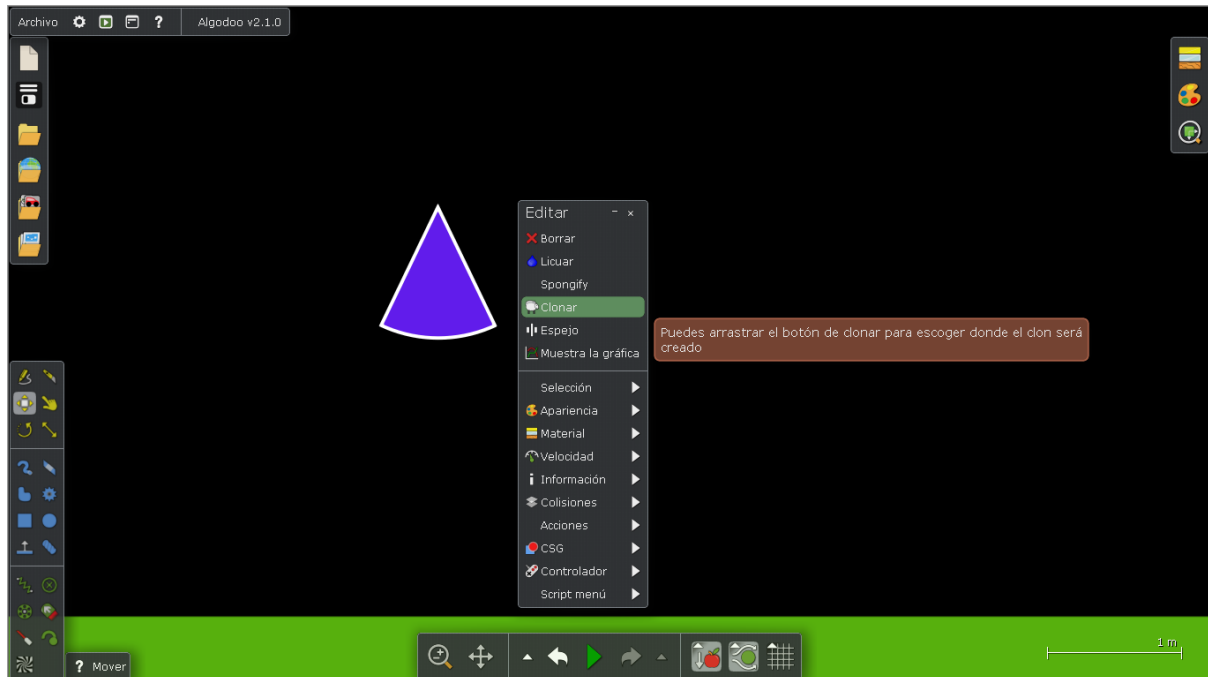
Figura 20: Opção CSG do software Algodoo



Fonte: Autor da pesquisa

Logo em seguida, ainda nas propriedades do quadrado, clica-se em *Borrar* para apagar o mesmo. O mesmo procedimento deve ser feito com o outro quadrado. Com a opção *Borrar* apaga-se também a parte superior restante do círculo.

Figura 21: Setor circular

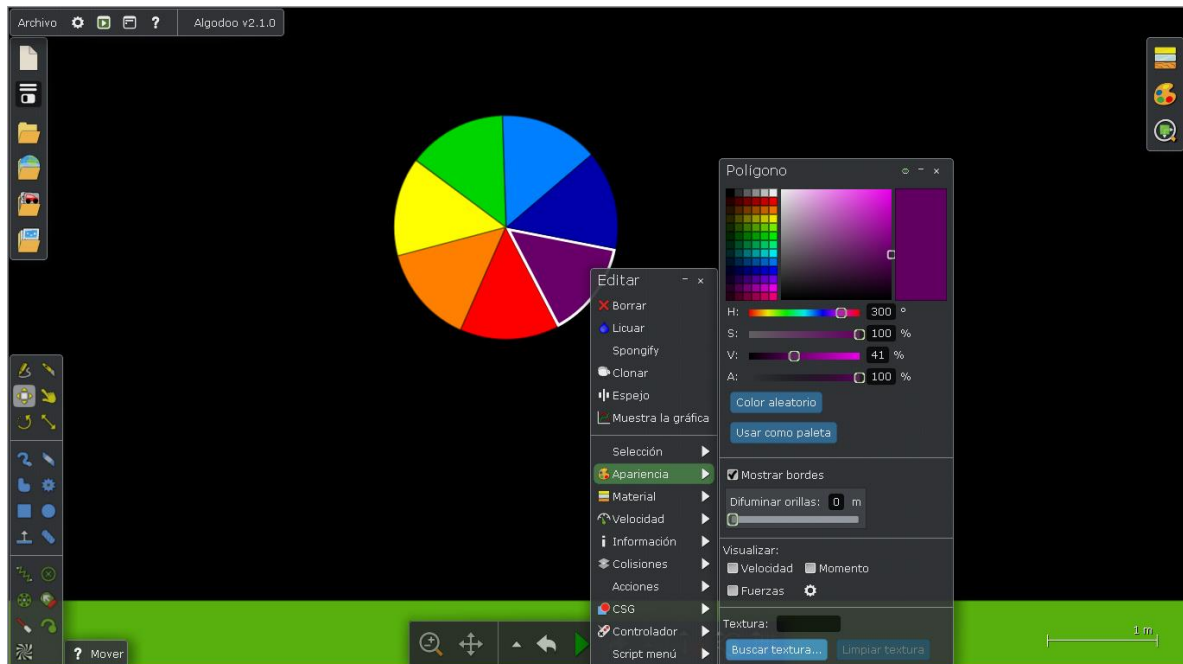


Fonte: Autor da pesquisa

Após isto, obtém-se um setor circular (em formato de triângulo isósceles) com um ângulo de $51,4^\circ$. Na figura 20, também são mostradas as opções *Gravity* ou gravidade (representada com um símbolo de uma maçã) e *Air* ou resistência do ar (ao lado da opção *Gravity*). Ambas as opções devem ser desativadas. Logo após, deve-se clicar sobre o setor circular e na opção *Clonar*, clona-se o mesmo 6 vezes.

Com as ferramentas *Mover* e *Girar*, deve-se inclinar e posicionar todas as 7 partes de modo a formar um círculo como na figura abaixo. Clicando-se sobre cada uma das partes separadamente, deve-se ir à opção *Apariencia* e colorir cada uma delas com uma cor distinta, na seguinte ordem: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil (índigo) e violeta.

Figura 22: Cores utilizadas no círculo

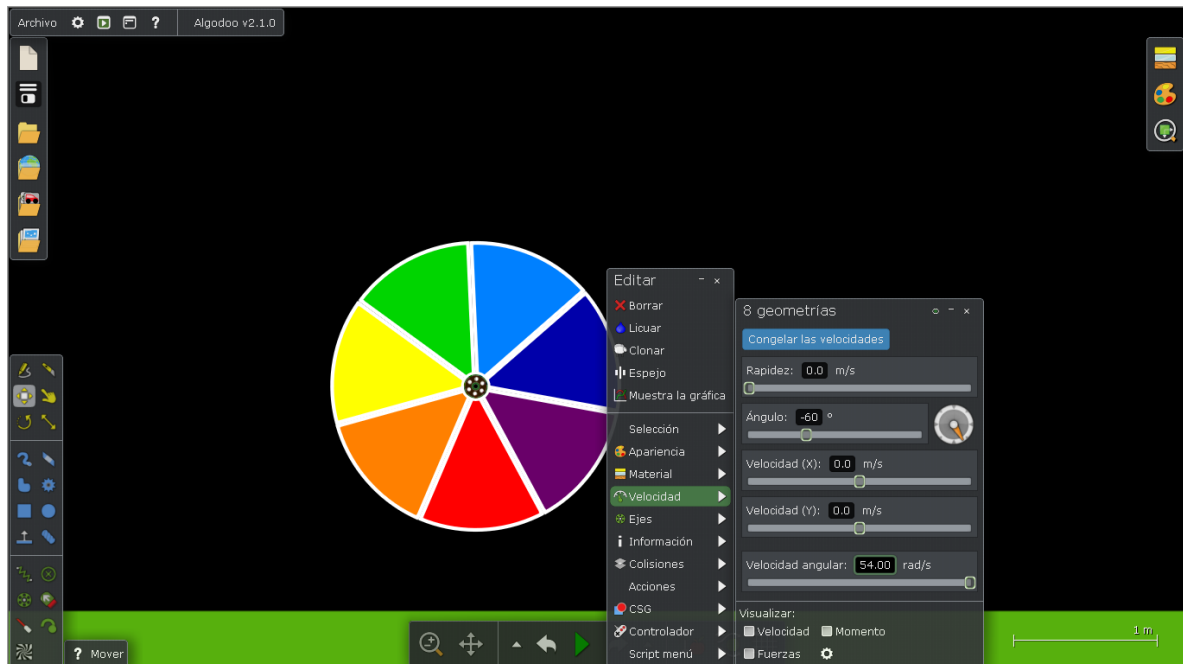


Fonte: Autor da pesquisa

Com a ferramenta mover, seleciona-se o disco de cores formado. Clica-se sobre o mesmo, e na opção *Acciones* clica-se em *Pegar juntos* para assim, unir (colar) as 7 partes. Feito isto, deve-se utilizar a ferramenta *Eje* mostrada na figura abaixo, para inserir um eixo no disco de cores. Depois, com a ferramenta *Mover*, selecione o disco de cores. Clica-se sobre o mesmo e na opção *Velocidad* ajusta-se o valor da velocidade angular do disco. Devido ao fato de o disco ser dividido em sete partes iguais (setores circulares com $51,4^\circ$), ajusta-se a velocidade angular do mesmo (em radianos por segundo) para um valor igual ou próximo ao do ângulo da abertura dos setores circulares. Na imagem abaixo, o valor da velocidade angular do disco é de 54,00 rad/s. Outro modo de fazer o disco girar é clicando-se sobre o eixo, na opção *Ejes*, onde marca-se a opção *Motor* para que o eixo tenha um motor. Depois, deve-se ajustar o valor da velocidade, em rotações por minuto (rpm), com que o eixo será girado.

A figura 22 mostra a finalização da simulação computacional que vem a discorrer sobre a formação da luz branca, pela da superposição das cores, através do disco de cores.

Figura 23: Disco de cores



Fonte: Autor da pesquisa

Ao executar essa simulação, o disco irá começar a girar devido à velocidade angular que foi dada ao mesmo ou devido ao motor que foi posto em seu eixo caso este último tenha sido ativado. O resultado disso será a formação da cor “neutra” branca. No espectro do visível, as cores têm frequências e comprimentos de onda diferentes. Neste caso, em que se colocou cada cor com a mesma abertura angular no disco, quanto mais próximo for o valor da velocidade angular em módulo do valor da abertura angular, melhor será o efeito visual da superposição das cores.

Sugestões para utilização da simulação

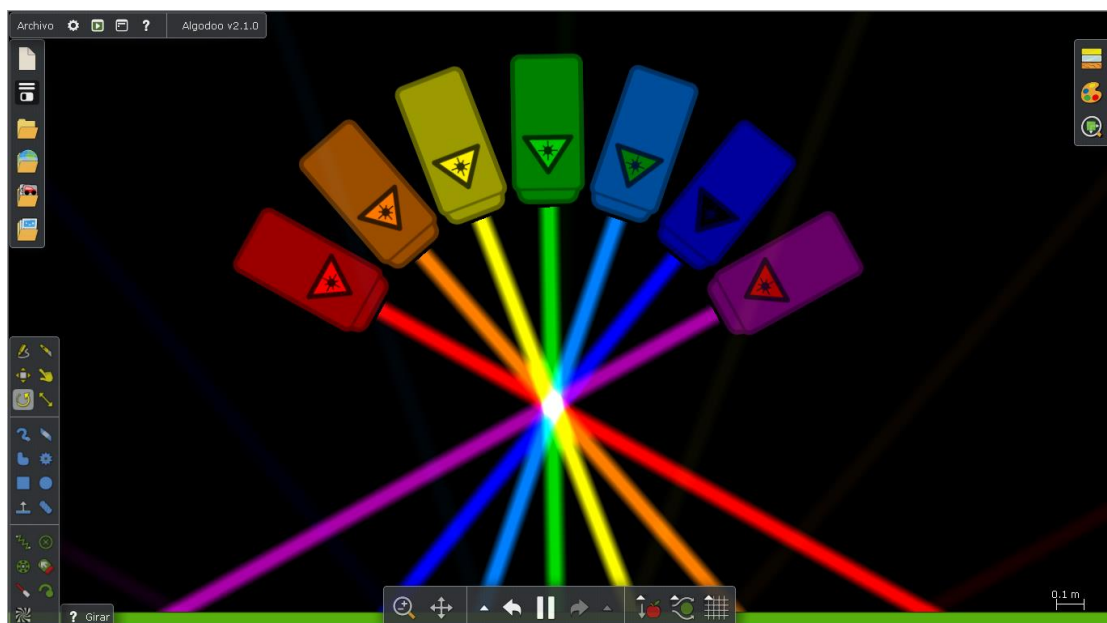
Mudando-se as cores que compõem o disco, pode-se obter outras cores através do mesmo procedimento superposição e alteração dos parâmetros da simulação computacional. Como sugestão, o professor pode pedir aos alunos que construa um disco de cores caseiro. Para, esta atividade prática, o professor precisa pedir aos alunos que para levarem em os seguintes materiais cada: lápis de cor, 1 compasso, 1 canudo, 1 lápis, 1 régua e 1 tesoura. O professor pode levar para a sala de aula as folhas de papel A4 (folha sem pauta).

Inicialmente, com o compasso, desenha-se um círculo sobre a folha sem pauta. Depois, com o lápis e a régua deve-se dividir o círculo em sete partes iguais a partir do seu centro (para facilitar, marca-se o centro do círculo com o lápis). Logo após,

com o lápis de cor, deve-se colorir o círculo com as seguintes cores e nesta ordem: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil (índigo) e violeta. Utilizando-se a tesoura, recorta-se o círculo colorido obtendo-se assim, um disco colorido. Com a ponta do lápis ou tesoura, deve-se abrir um pequeno furo (menor do que a largura do canudo) no centro do disco colorido. Depois, deve-se encaixar o canudo à abertura feita no disco. Após este procedimento, os alunos devem girar o disco de cores e discutir as observações entre si e o professor com base nas discussões oriundas da simulação computacional.

Outra sugestão é utilizar outra simulação, a da superposição da luz. Com ela, o professor pode obter a luz branca através da superposição de feixes de luzes de cores distintas. Para isto, o professor deve inserir sete fontes luminosas com a ferramenta *Laser* no cenário criado e o mesmo deve, com a opção *Apariencie*, alterar a cor das fontes luminosas, na seguinte ordem: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil (índigo) e violeta. Com as ferramentas *Girar* e *Mover*, deve-se inclinar e posicionar cada fonte de luz de modo que todos os feixes de luz do conjunto se cruzem em um único ponto, como mostrado na figura 23.

Figura 24: Superposição da luz



Fonte: Autor da pesquisa

Observa-se, pela imagem acima, no ponto onde todos os feixes luminosos se cruzam, que a sobreposição das cores que compõe o espectro do visível de tais feixes forma a luz branca. O ângulo entre cada feixe de luz fica a critério. Na figura 23, o

ângulo entre cada feixe é de 20° . Esta simulação pode ser utilizada juntamente com a simulação do disco de cores onde pode-se discutir as implicações do fenômeno no cotidiano. Abaixo, na tabela 6, é mostrado um quadro resumo da proposta para elaboração e utilização dessa simulação computacional como recurso didático no ensino de Física.

Quadro 3: Proposição didática 3

Proposição didática com a utilização do recurso simulação computacional			
Objetivos	Aspectos do cotidiano	Conceitos físicos envolvidos	Proposição didática
- Investigar o fenômeno da superposição das cores; -Trabalhar conceitos ópticos; - Propiciar ao professor da educação básica um recurso didático para o ensino de Física; - Contribuir para melhoria na qualidade do ensino Física buscando aproximar o aluno à Física..	- Formação da “cor branca”; - Sobreposição das cores; - O arco-íris;	- Disco de cores; - Luz branca; - Sobreposição de cores; - sobreposição da luz; - Arco-íris; - Espectro da luz visível; - Independência dos raios luminosos; - Luz monocromática e policromática	1 - Utilização de uma simulação computacional; 2 - Alteração e discussão dos parâmetros da simulação; 3 - Atividade prática: construção de um disco de cores em sala de aula; 4 - Outra sugestão é trabalhar a simulação computacional da sobreposição da luz logo após a simulação do disco de cores e discutir suas implicações no cotidiano.

4.2 Poemas

Logo abaixo, são apresentadas as elaborações dos poemas, a análise dos conceitos ópticos envolvidos e as sugestões para utilização dos mesmos.

Poema I

A Centelha

Muitas luzes fascinantes
Enfeitando a escuridão
Pequenos pontos distantes
Brilhando na vastidão

Olho para uma centelha
Fico a imaginar
Como um feixe de luz
Atravessa todo o vazio
Para meus olhos tocar

À noite, no céu
Elas parecem piscar
Devido à refração atmosférica
Fazem a luz desviar

São elas, as estrelas
As damas do firmamento
Criando a própria luz
Um show de encantamento

Análise dos conceitos ópticos

Na primeira estrofe do poema, têm-se no primeiro e segundo versos as palavras “luzes” e “escuridão”, respectivamente e, na segunda estrofe, no terceiro verso a palavra luz. Essas são palavras utilizadas cotidianamente e, a depender do contexto, elas podem receber atribuições diferentes. No contexto da Física, a luz é o principal objeto de estudo da Óptica que se encarrega de entender o comportamento da mesma e as suas possíveis aplicações.

Na segunda estrofe, tem-se a expressão “como um feixe de luz” no terceiro verso. O termo “feixe de luz” está relacionado com a forma de como a luz se propaga. Ele vem a ser um conjunto de raios luminosos que são utilizados para representar a

direção e o sentido de propagação da luz. Na óptica geométrica, as noções de feixe e raio de luz facilitam a construção das imagens para o estudo das lentes e espelhos.

Na terceira estrofe, a expressão do segundo verso “elas parecem piscar” faz uma referência ao efeito aparente que as estrelas parecem ter que é piscar, porém, sabe-se que as mesmas não piscam. Ainda na terceira estrofe, os versos “Devido à refração atmosférica” e “Fazem a luz desviar” da terceira e quarta linhas, respectivamente, abordam o fenômeno óptico da refração atmosférica, que é um desvio sofrido pela luz quando a mesma atravessa as camadas da atmosfera. Os diferentes desvios que as luzes provenientes das estrelas sofrem ao passar pelas diferentes camadas atmosféricas (refrações sucessivas) vêm a explicar o porquê de as mesmas parecerem piscar no céu noturno.

Sugestões para utilização em sala de aula

O professor pode utilizar este poema em suas aulas de óptica ao trabalhar o fenômeno da refração da luz. Ao utilizá-lo, poderá dividir a turma em grupos e entregar cópias do poema para cada um dos mesmos, solicitando aos membros de cada grupo que façam a leitura do poema.

Após o término da leitura do poema, o professor deverá pedir aos membros dos grupos que identifiquem fenômenos físicos (ou palavras relacionadas aos mesmos) apresentados no corpo do poema. Logo após, o professor poderá realizar algumas discussões juntamente com os grupos sobre os fenômenos ópticos em questão, enfatizando o caráter (acontecimentos) dos mesmos no dia-a-dia, bem como as aplicações tecnológicas desses fenômenos físicos.

Como forma de avaliação, o professor poderá pedir aos alunos a elaboração de um texto (descritivo, narrativo) ou até mesmo de um poema sobre os conceitos ou fenômenos ópticos abordados em sala durante a leitura e discussão do poema. E depois, deverá pedir aos mesmos para apresentar e discutir os textos elaborados. Abaixo, na tabela 1, é mostrado um quadro resumo da proposta para elaboração e utilização desse poema como recurso didático no ensino de Física.

Quadro 4: Proposição didática 4

Proposição didática com a utilização do recurso poesia			
Objetivos	Aspectos do cotidiano	Conceitos físicos envolvidos	Proposição didática
- Entender o fenômeno da refração atmosférica; -Estimular a leitura de textos; -Trabalhar conceitos ópticos; - Trabalhar a Física de forma lúdica na educação básica	- A luz das estrelas	-Refração da luz; -Refração atmosférica; -Feixe de luz; -Luz própria; -Estrelas	1- Leitura em grupo; 2 - Identificação de conceitos e fenômenos físicos presentes no poema; 3 - Ênfase do fenômeno óptico no cotidiano; 4 - Elaboração de texto (descritivo ou narrativo) ou poema sobre conteúdo abordado

*Poema II***Um Arco de Luz**

Lá vem a chuva
 Caindo sem parar
 Raios, relâmpagos e trovões
 Que são de amedrontar

No horizonte gracioso
 Vejo o Sol a brilhar
 Nuvens e montanhas
 Pássaros a cantar

A luz branca a passar
 Por gotas d'água no ar
 Faz um arco multicolorido surgir
 Embelezando o lugar

Vermelho, laranja e amarelo
 Verde, azul e anil
 Violeta lembra a cor
 Das manhãs primaveris

Fantástico arco-íris
 Lindo de se ver
 O espectro da luz visível
 Que permite meus olhos
 De ver você

Análise dos conceitos ópticos

Este poema vem a tratar do fenômeno óptico da dispersão da luz, ao explicar o surgimento do arco-íris. Na terceira estrofe, no primeiro verso, tem-se a expressão “A luz branca”. Neste trecho, o poema faz, de forma implícita, uma alusão à luz do Sol. Essa alusão pode ser corroborada com a segunda estrofe do poema com o termo “Vejo o Sol a brilhar” (segundo verso).

Ainda, na terceira estrofe, a junção do primeiro com o segundo verso, “A luz branca a passar” e “Por gotas d'água no ar”, respectivamente, faz uma descrição à uma das formas de ocorrência do fenômeno de dispersão da luz. Em razão das várias refrações sofridas pela luz branca devido ao formato esférico da gota d'água, a

dispersão da mesma se dará em formato de um arco. Este tipo de dispersão é respaldado com o terceiro verso dessa estrofe em “Faz um arco multicolorido surgir”.

Na quarta estrofe, os três primeiros versos trazem as cores pelas quais o arco-íris é conhecido, “Vermelho, laranja e amarelo”; “Verde, azul e anil” e “Violeta...”. Arco-íris é um termo popular dado ao fenômeno de dispersão da luz conforme descrito pela terceira estrofe. O olho humano possui certas limitações quanto à distinção das cores. Por este motivo e também por razões didáticas, a dispersão da luz branca é tratada como sendo a decomposição dessa luz em sete cores. No entanto, sabe-se a mesma é composta por uma infinidade de cores.

A expressão “O espectro da luz visível” na quinta estrofe, terceiro verso, “resume” os termos abordados nas estrofes anteriores. O poema traz isso como uma forma de sintetização dos conceitos ópticos abarcados em sua construção.

Sugestões para utilização em sala de aula

O professor deverá pedir aos alunos que façam uma leitura do poema acima, de modo a identificarem a descrição do fenômeno do arco-íris e os demais conceitos ópticos presentes ao longo do poema, fazendo-se discussões sobre os conceitos físicos envolvidos. Para complementar as discussões sobre o fenômeno da dispersão da luz, poderá utilizar uma simulação computacional, a exemplo, da simulação 1 proposta logo adiante na subseção 4.1 deste trabalho, que trata justamente do mesmo fenômeno, porém, com um prisma ao invés de gotas d’água. Em seguida, o professor fará alterações dos parâmetros da simulação discutindo o que ocorre fisicamente e relacionando ambos, o poema e a simulação computacional com eventos do cotidiano, como por exemplo, a luz colorida em bolhas de sabão, em CDs e DVDs, a formação do halo (arco multicolorido) solar e lunar principalmente no verão e é claro, a formação do arco-íris dias propícios à chuvas ou ao chacoalhar uma mangueira de água ligada sob a luz do dia.

Outra sugestão é a realização da seguinte atividade prática: produção e investigação do colorido das bolhas de sabão. Para isto, o professor deverá levar sabão e detergente líquido para a sala de aula e pedir aos grupos de alunos que levarem para a sala de aula garrafas pets, canudos, tesoura e régua. Utilizando a tesoura, corta-se o fundo da garrafa pet cerca de 6 cm a 8 cm a partir deste. Logo após, deve-se encher o recipiente com água e misturar com o sabão ou detergente.

Com o canudo, agita a solução de água e sabão até as bolhas de sabão surgirem. Logo após, o professor deve pedir os grupos que anotem suas observações e discutam entre si suas anotações e o professor deve discutir a ocorrência do fenômeno. Outra sugestão seria levar CDs para a sala de aula e enfatizar como eles são construídos e o porque que eles são coloridos. As bolhas de sabão e os CDs tem relação com o conteúdo do poema ou simulação computacional? As respostas devem ser justificadas.

Logo após, o professor poderá fazer uma análise da aprendizagem dos conceitos ópticos sobre dispersão da luz que foram discutidos em sala de aula, através de uma atividade de fixação de conteúdo referente ao poema em questão, donde os alunos deverão investigar, através da análise dos versos, os conceitos físicos envolvidos. Abaixo, na tabela 2, é mostrado um quadro resumo da proposta para elaboração e utilização desse poema como recurso didático no ensino de Física juntamente com uma simulação computacional que trata do mesmo fenômeno.

Quadro 5: Proposição didática 5

Proposição didática com a utilização do recurso poesia			
Objetivos	Aspectos do cotidiano	Conceitos físicos envolvidos	Proposição didática

- Investigar o fenômeno da dispersão da luz; -Trabalhar conceitos ópticos; - Trabalhar a Física de forma lúdica na educação básica	- O arco-íris; - A luz visível	- Luz branca; - Dispersão da luz; - Refração da luz; - Arco-íris - Espectro da luz visível; - Conceitos físicos adicionais (chuva, raios, relâmpagos e trovões)	1- Leitura em grupo; 2 - Identificação, ênfase e relação de conceitos e fenômenos físicos presentes no poema com o cotidiano 3 - Utilização de uma simulação computacional; 4 - Alteração, discursão e comparação dos parâmetros da simulação com o poema e aplicações do fenômeno; 5 – Atividade prática: produzir e investigar o colorido das bolhas de sabão; 6 - Outra sugestão é levar CDs e abordar seus aspectos em relação aos conceitos e fenômenos físicos do poema; 7 - Ao final das sugestões, pode-se aplicar uma atividade de fixação referente ao poema com bases nas discussões em sala de aula.
--	---	--	--

*Poema III***O Reflexo**

Era fim da tarde
Quando a vi chegar
Trazendo algo embrulhado
Num jornal velho e rasgado

Alguma coisa naquele embrulho
Intrigava meu olhar
Não sabia o que era aquilo
Até tentei adivinhar

Mas ela calmamente sorriu
Seus olhos começaram brilhar
E olhando-me nos olhos
E sem demorar ela começa
O embrulho a rasgar

Então corri logo para ver
E fiquei muito assustado
Pois havia alguém dentro do vidro
Olhando-me desconfiado

Eu o encarava
E ele me encarava
Eu mexia meus braços
E ele me imitava

Minha mãe então me disse
O menino do vidro é você
Ele não é de verdade
É apenas uma imagem que você vê

Virtual e direita
Um reflexo da luz
Em um espelho plano e elegante
Que a nossa visão seduz

Análise dos conceitos ópticos

Nesta construção, o poema vem a tratar do fenômeno óptico da reflexão da luz em um espelho plano. Na sexta estrofe, no quarto verso, tem-se frase “*É apenas uma imagem que você vê*”. Em óptica, o estudo das imagens está diretamente ligado à reflexão e refração da luz, às superfícies espelhadas e às lentes.

Na sétima estrofe, tem-se a expressão “Virtual e direita”, no primeiro verso. Tais características se remetem ao processo de formação de imagens que se verifica com a afirmação do segundo verso, em “Um reflexo da luz”. E o quarto verso dessa estrofe, “Em um espelho plano e elegante” aborda em qual instrumento óptico (espelho plano) uma imagem virtual e direita pode ser produzida.

A quinta estrofe traz em si uma situação clássica, que ocorre quando uma criança se olha (geralmente pela primeira vez) em um espelho plano. Devido às propriedades de reflexão, a criança pode acreditar que ela está sendo imitada. O terceiro e quarto versos, “*Eu mexia meus braços*” e “*E ele me imitava*”, respectivamente, trazem isso.

Sugestões para utilização em sala de aula

O professor poderá levar para a sala de aula alguns espelhos planos de pequeno porte que devem ser entregues aos alunos juntamente com o poema e pedir aos alunos para que estes relacionem os versos do poema com as propriedades de reflexão da luz neste tipo espelho, e também para que façam, sempre que possível, relações do contexto do poema com o cotidiano.

Para fazer esta relação, o professor deverá entregar aos alunos um roteiro orientado de uma atividade prática de caráter investigativo que deverá ser realizada durante a aula, com questões tais como: ao se estender a mão direita em frente a um espelho convencional (plano) a imagem formada também mostrará a mão direita estendida? A imagem de um objeto em (uma borracha, uma lapiseira, uma garrafa d'água) em frente ao espelho é maior, menor ou igual ao tamanho real do objeto? O que acontece com a imagem de um objeto quando este é colocado entre dois espelhos que formam um ângulo entre si? Ou, por que é mais fácil enxergar objetos durante o dia ou em locais iluminados do que a noite ou em um local escuro, sem iluminação? Ao final, cada grupo deve apresentar suas anotações/observações discutindo entre si e o professor os seus resultados. Abaixo, na tabela 3, é mostrado um quadro resumo

da proposta para elaboração e utilização desse poema como recurso didático no ensino de Física.

Quadro 6: Proposição didática 6

Proposição didática com a utilização do recurso poesia			
Objetivos	Aspectos do cotidiano	Conceitos físicos envolvidos	Proposição didática
- Investigar o fenômeno da reflexão da luz em espelhos planos; -Trabalhar conceitos ópticos; - Trabalhar a Física de forma lúdica na educação básica	- Reflexão da luz - O espelho plano	- Reflexão da luz; - Formação de imagens; - Espelho plano e suas propriedades	1 - Levar espelhos planos de pequeno porte; 2 - entregar os espelhos planos, o poema e um roteiro orientado aos grupos de alunos; 3 - Leitura e identificação, conceitos e fenômenos físicos presentes no poema e sua relações como cotidiano; 4 - Atividade prática: Investigar a formação da imagem em espelhos planos a partir de um roteiro orientado; 5 - Relacionar o contexto da atividade prática com o poema; 6 - Os grupos devem discutir os resultados entre si e o professor

CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta proposta e construção de recursos didáticos para o ensino de conceitos de Óptica buscou articular o ensino de Física tanto com a Literatura quanto ao uso das tecnologias de informação e comunicação, o que pode propiciar um ensino-aprendizagem com aspectos tanto científico como cultural.

A proposta de articulação do o ensino de Física com a Literatura através da elaboração de poemas tem-se, como propósito, fazer com que os alunos tenham contato diferenciado com a Física, de modo a perceber que esta pode estar presente em diferentes contextos e de diversas formas. Espera-se que o uso desta proposta em sala de aula permita ao professor de Física trabalhar com o aluno de uma maneira mais livre, lúdica, onde o mesmo através da leitura possa aprender e, ou interpretar os conceitos e significados relacionados aos fenômenos Físicos, neste caso, os conceitos e fenômenos ópticos, mostrando assim, que até mesmo um poema pode ser uma fonte de conhecimento.

Os três poemas que foram elaborados exploram conceitos e fenômenos ópticos que podem se encontrar presentes no cotidiano dos estudantes, tais como a reflexão da luz, refração atmosférica, feixe de luz, dispersão da luz branca, o arco-íris, espectro da luz visível e o espelho plano. O professor poderá fazer uso destes como um recurso didático da maneira que o mesmo achar mais pertinente. E para isso, foram trazidas aqui, algumas sugestões que poderão ser adotadas pelo professor em sala de aula como as atividades práticas propostas.

Já a proposta de utilização das TICs no ensino de Física através da construção de simulações computacionais com o software Algodoo, objetiva uma visualização dos fenômenos ópticos por parte dos estudantes e a discussão destes fenômenos entre os alunos e o professor através da realização das atividades práticas propostas referentes ao conteúdo trabalhado. O visual e fácil manuseio desse software vem a possibilitar sua utilização em sala de aula como recurso didático. Espera-se que o uso desta proposta contribua para a melhoria do ensino-aprendizagem do ensino de Óptica no nível médio, que é o público alvo desta proposta e mostre também a importância do uso das TICs como recurso didático para as aulas de Física. Os conceitos e fenômenos ópticos explorados na construção das três simulações computacionais foram a dispersão da luz, a propagação retilínea da luz, reflexão regular e difusa, superposição da luz, índice de refração e refração da luz.

Todas as sugestões para utilização dos poemas (que aqui foram elaborados) e das simulações computacionais que foram construídas com a finalidade de serem recursos didáticos para o ensino de Física, foram feitas pensando na dinamização das aulas Física, como forma para que os alunos possam vir a se interessarem mais pelas aulas de Física fato este que poderá contribuir para o andamento das mesmas.

Portanto, espera-se, que a construção desses recursos didáticos propicie uma dinamização das aulas de Física no nível básico, e forneça ao professor novas opções e estratégias didáticas no que tange ao ensino de Física por meio de TICs e pela associação com a Literatura, vindo a aproximar o aluno cada vez mais da Física, uma vez que, a maioria das escolas não possuem laboratório de Ciências/Física que permitam ao professor de Física a realização de experimentos (além de outras problemáticas frequentes), uma visualização mais concreta dos conceitos trabalhados e uma possível melhoria no rendimento escolar dos alunos, podendo assim, vir a contribuir para a melhoria da qualidade do ensino de Física na educação básica.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P. **Educational psychology: a cognitive view**. (1ª ed) Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1968. 685 p.

AMARAL, I. A. **Metodologia do ensino de ciências como produção social**. PROESF: Faculdade de Educação da Unicamp, 2006. Disponível em: <<https://www.fe.unicamp.br/drupal/sites/www.fe.unicamp.br/files/pf/subportais/graduacao/proesf/textos1.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2019.

AMARAL, I. B. (1998). Bases, obstáculos e possibilidades para a construção de um novo paradigma da didática em ciências. In ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA EM PRÁTICA DE ENSINO, 9, 1998. Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: Vozes, 1998. p. 67-88.

BARBOSA, A. **A literatura na escola como instrumento de criticidade - OS DESAFIOS DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE NA PERSPECTIVA DO PROFESSOR PDE**. 2015. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_unicentro_port_artigo_adriani_barbosa.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2018.

BONADIMAN, H; NONENMACHER, S. E. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2: p. 194-223, ago. 2007

BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; SEMTEC Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

CHALMERS, Alan. **O Que é Ciência Afinal?** Tradução: Raul Filker. Brasília: Editora Brasiliense, 1993

COELHO, R. O. **O que leva o aluno a gostar (ou não) da aula de Física?** Disponível em: < http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/coelho/artigo_espec.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2019.

COSTA, L. C.; BARROS, M. A. O ensino de Física no Brasil: problemas e desafios. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. 2015. Curitiba: **Atas...** Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2015. Disponível em: <http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042_8347.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2018.

COUTINHO, A. **Notas de teoria literária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1978.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNANBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DICIO, **Dicionário Online de Português**. Porto: 7Graus, 2018. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/poesia/>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

FILIPOUSKI, A. M. **Literatura juvenil**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009, p.23.

FREITAS, O. **Equipamentos e materiais didáticos**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. 132 p.

GERMANO, E. D. T. **O software Algodoo como material potencialmente significativo para o ensino de Física: simulações e mudanças conceituais possíveis**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2wBLzs7>>. Acesso em: 10 set. 2018

HALLIDAY, D.; RESNICK. **Fundamentos de Física - Óptica e Física Moderna**. Vol. 4. Ed. 9, Rio de Janeiro. LTC 2009.

HARRES, J. B. S. (2003). **Natureza da ciência e implicações para a educação científica**. In MORAES, R. (Org.). Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas. 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCS. p. 37-68.

LOPES, B.J. (2004). **Aprender e Ensinar Física**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

LOPES, D. E. **Espectroscopia Óptica: Histórico, Conceitos físicos e Aplicações**. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Física UEMS, Dourados, 2007.

MALDANER, O. A. (2000). **A formação inicial e continuada de professores de química**. Ijuí, RS: Ed. UNIJUI.

MANFREDI, S. M. **Metodologia do ensino: diferentes concepções**. Campinas-SP: F.E./UNICAMP, mimeo, 1993, 6p.

MECKE, K. R. A Imagem da Literatura na Física. **Gazeta de Física**, nov. 2004. Disponível em: <<http://www.theorie1.physik.uni-erlangen.de/mecke/papers/fisica04.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Rev. Bras. Ensino Fís.** [online], vol.24, n.2, pp.77-86. ISSN 1806-1117, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v24n2/a02v24n2.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

MENDES, A. TIC – **Muita gente está comentando, mas você sabe o que é?** Portal iMaster, mar. 2008. Disponível em: <<http://imasters.com.br/artigo/8278/gerencia-de-tic-muita-gente-esta-comentando-mas-voce-sabe-o-que-e/>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

MENEGOTTO, J. C.; ROCHA, Filho, J. B. (2008). Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 7, n. 2, 298–312.

MODROW, E. S.; SILVA, M. B.: **A escola e o uso das tic: limites e possibilidades**. - OS DESAFIOS DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE NA PERSPECTIVA DO PROFESSOR PDE. 2013. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uepg_ped_pdp_elizabeth_santanna_modrow.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2019.

MOREIRA, I. C. (2002). Poesia na sala da aula de ciências? **Física na Escola**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 17-23. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/ard/_poesianasaladeauladecienciaspp-arquivo.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2019.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. (2006). **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora.

MOREIRA, M. A. (2012) **O que é afinal aprendizagem significativa?** Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. p. 1 - 27. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/alfinal.pdf>> Acesso em 05 mar. 2019.

MORTIMER, E. (2000). Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências. Belo Horizonte: Editora UFMG.

MOZENA, E. R; OSTERMANN, F. A interdisciplinaridade na legislação educacional, no discurso acadêmico e na prática escolar do Ensino Médio: panaceia ou falácia educacional? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 92 p. 92-110, abr. 2016.

NEWTON, Isaac. *Opticks: or a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light*. London, 1704.

NUSSENZVEIG, H. M. (1998). **Curso de Física Básica - vol.4** : Ótica, Relatividade e Física Quântica. São Paulo - SP: Editora Edgard Blücher Ltda. 1ª ed. (1998).

PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation using SIMAN**. McGraw-Hill, NY. 2 ed., 1990.

PUGLIESE, R. M. O trabalho do professor de Física no ensino médio: um retrato da realidade, da vontade e da necessidade nos âmbitos socioeconômico e metodológico. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 4, p. 963-978, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v23n4/1516-7313-ciedu-23-04-0963.pdf>>.

RIBEIRO, M. (08 de Janeiro de 2010). **Definição de literatura**. Disponível em: <<http://miltonribeiro.sul21.com.br/tag/definicao-de-literatura/>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B.; O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais; Universidade de Passo Fundo – UPF, Brasil; REVISTA IBERO-AMERICANA DE EDUCAÇÃO; ISSN: 1681-5653; n.º 58/2 – 15/02/12; págs: 1-24. Disponível em: <<https://rieoei.org/RIE/article/view/1446>> Acesso em: 08 dez. 2018.

SILVA, M. A; TAVARES, A. D. A importância do Ensino da Óptica para o desenvolvimento das tecnologias. In. XVI Simpósio Nacional De Ensino De Física (SNEF).. **Anais...** Rio De Janeiro: CFET-RJ, 2005. Artigos, p. 3. Disponível em : <http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_aimportanciadoensinodaop.trabalho.pdf> Acesso em: 10 dez. 2018.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros** - Eletricidade e Magnetismo, Óptica. Vol.2, ed. 5; Editora S. A. Rio de Janeiro, RJ; 2006.

YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. **Física IV** - Ótica e Física Moderna. Vol.4; ed. 12. Pearson Education do Brasil Ltda. São Paulo, SP Brasil, 2012.